UNTERSUCHUNG DER HEMMUNG EINER VORBEREITETEN WILLENSHANDLUNG

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
EINER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

ALBERT HAMMER
LEIPZIG

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

MIT FÜNF TEXTFIGUREN

LEIPZIG UND BERLIN
WILHELM ENGELMANN
1914

Angenommen von der II. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren WUNDT und WIRTH. — Leipzig, den 9. Januar 1914. — Der Procancellar KIRCHNER.

Sonderdruck aus: »Psychologische Studien«, Bd. IX, Heft 5.

MEINEN LIEBEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547001_0045

INHALTSÜBERSICHT.

Seite

I. Die Fragestellung 6
II. Die Versuchsanordnung 17
III. Die Versuche und ihre Ergebnisse 24
1. Die antizipierende Reaktionsform 24
2. Die Hemmung der vorbereiteten Willenshandlung 32
3. Bedeutung der Versuche für den Motivationszusammenhang der ungestörten antizipierenden Reaktionen 46
4. Größe der Mittelwerte und ihre Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Sterns 48
V. Schluß 50

I. Die Fragestellung.

In der Abhängigkeit einer Willenshandlung von einem Reiz bestehen zwei Möglichkeiten des Motivationszusammenhanges: Zunächst kann die Wahrnehmung des Reizes das Motiv der Willenshandlung bilden. Das ist der Fall, wenn die Aufgabe befolgt wird, auf den Eintritt eines bestimmten Reizes hin den Impuls zu einer verabredeten Bewegung irgend eines Organs folgen zu lassen. Dieser Vorgang stellt dann einen Reaktionsprozeß in gewöhnlichem Sinne dar, wie ihn Wundt einer eingehenden Analyse unterwarf. Neben dieser unmittelbaren Abhängigkeit einer Willenshandlung von einem Reiz, die auf der direkten Sinneswahrnehmung des Reizes selbst beruht, gibt es nun aber auch noch eine fast ebenso enge, wenn auch indirektere Beziehung zwischen Reiz und Impuls, die durch die sichere Erwartung des Reizes in einem bestimmten Zeitpunkt auf Grund früherer Wahrnehmung möglich wird. Sie befähigt uns zur Lösung der Aufgabe, einen Willensimpuls so abzugeben, daß die Bewegung mit einem erst in nächster Zeit erwarteten Ereignis zusammentrifft. Wir wollen den Erwartungsprozeß einer so motivierten Willenshandlung mit seinen Folgen bezüglich der Entwicklung des Willensimpulses nach dem Astromen Hirsch »Antizipation« nennen, der sie bei der Registrierung von künstlichen Sterndurchgängen festgestellt hatte. Diesen Vorgang versuchen wir nun im folgenden unter geeigneten Bedingungen etwas genauer zu analysieren. Zuerst wollen wir ihn uns an einem noch einfacheren Beispiel klar machen.

Hören wir eine Reihe äquidistanter Taktschläge, so werden dann, wenn das Intervall zwischen den Taktschlägen nicht zu lang ist, stets mehrere Taktschläge gleichzeitig im Bewußtsein vorhanden sein.

Denn innerhalb eines gewissen Umfangs ist es möglich, eine Reihe vergangener Zeitpunkte mit einem gegenwärtigen Moment zu einer einzigen »unmittelbaren« Zeitvorstellung zu assoziieren. Im Zusammenhang damit können wir aber nun auch einen gleichmäßigen Fortgang der Reihe der Taktschläge in einem ähnlichen Umfang mehr oder weniger klar und deutlich erwarten und dabei also ebenfalls die Vorstellungen der künftigen Taktschläge mit den augenblicklichen Sinneswahrnehmungen im Bewußtsein zu einer einzigen Vorstellung verbinden. Dabei enthält diese Antizipation eines künftigen Taktschlages eine Reproduktion des Gefühlsverlaufs, der mit der Wahrnehmung der vergangenen Taktschläge verbunden war[1]). Denn beim Hören der Taktschläge beobachten wir ja einen ständigen Wechsel zwischen Spannungsgefühlen der Erwartung und ihrer Lösung; jeder Punkt zwischen den Taktschlägen ist durch eine ganz bestimmte Stärke dieser Gefühle charakterisiert. Die jeweilige Intensität der Spannungsgefühle hängt dann aufs engste mit der Vorstellung der Größe der Zeitstrecke zusammen, die zwischen dem gegenwärtigen und dem antizipierten Moment liegt.

Sollen wir nun die Taktschläge mit Registrierbewegungen begleiten, die gleichzeitig mit ihnen erfolgen, so geben wir jedesmal den Bewegungsimpuls vor dem betreffenden Taktschlag ab und zwar dann, wenn uns die Zeitstrecke, die den gegenwärtigen vom antizipierten Moment trennt, derjenigen Zeit gleich erscheint, die zwischen Impuls und Bewegung vergeht. Dabei wird die Bewegung um so weniger von dem antizipierten Moment abweichen, je genauer wir den kritischen Zeitpunkt voraussehen können. Gerade eine rhythmische Folge von Reizen, bei der die Antizipation von einem regelmäßigen Wechsel des Gefühlsverlaufs getragen wird, ist hierzu besonders geeignet, vor allem, wenn die Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge der Apperzeption unter den speziellen Auffassungsbedingungen bequem ist. So gelang es F. Martius[2]) eine Folge von Taktschlägen, die dem Pulstempo entsprach, mit antizipierend ausgelösten Registrierbewegungen bis zu einer Genauigkeit von $\pm$ 30 σ zu begleiten. Martius erkannte auch bereits, daß er es bei seinen Versuchen nicht mit einer

---

[1]) Vgl. über diesen Verlauf im einzelnen Wundt, Physiol. Psychologie. III^6 S. 20.
[2]) F. Martius, Herztonregistrierung, Zeitschrift für klinische Medizin Bd. 15, 1888.

Reaktion im gewöhnlichen Sinne, sondern mit etnem psychischen Vorgang »sui generis« zu tun hatte.

Ähnlich wie der Rhythmus diskontinuierlicher Reizreihen, wirkt nun auch die Wahrnehmung der stetigen Bewegung eines Objektes nach einem gleichzeitig bereits mit wahrgenommenen Zielpunkt hin, mit dessen Erreichung die Willenshandlung zeitlich zusammentreffen soll, freilich nur unter der Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit konstant, oder doch wenigstens die Bewegungsform völlig geläufig ist. Eben deshalb mußte man, wie schon erwähnt, gerade bei der astronomischen Registriermethode, bei der der Sterndurchgang durchs Fadenkreuz mittels einer Handbewegung registriert werden soll, am frühesten auf die allgemeine Bedeutung dieser antizipierenden Reaktion aufmerksam werden. Das eigenartige dieser Aufgabe liegt darin, daß der zu registrierende Vorgang nicht wie bei der Reaktion auf einen Momentanreiz von einem in der Regel von ihm verschiedenen Vorsignal, das zur Spannung der Aufmerksamkeit dienen soll, durch ein »leeres« Intervall getrennt ist, sondern daß einerseits dasselbe Objekt, nämlich der Stern, im Vorsignal und Hauptreiz enthalten ist und daß außerdem das Reaktionsmotiv nicht plötzlich auftritt, sondern stetig in die ausgezeichnete Stellung übergeht, an deren Wahrnehmung sich der Registrierungsimpuls unmittelbar anschließen soll. Diese Wahrnehmung der stetigen Annäherung des Sterns an den Faden ermöglicht aber dann eine so lebhafte Antizipation des Durchgangsmoments, daß es dem Beobachter, der einen möglichst geringen Zeitfehler seiner Registrierung erstrebt, sogar am nächsten liegt, den Impuls antizipierend auszulösen, anstatt den Durchgang des Sterns selbst abzuwarten. Schon Hirsch[1]) erkannte, wie gesagt, diese beiden gänzlich voneinander verschiedenen Formen der Registrierung, der antizipierenden und der den Sterndurchgang selbst abwartenden, die auch Le Verrier[2]) besonders klar einander gegenüberstellte[3]). Da wir es aber im folgenden ausschließlich mit der antizipierenden Registrierung zu tun haben, so wollen wir auf die eigentliche Reaktion auf den vollendeten Durchgang und ihren Unterschied von der anderen

[1]) Moleschotts Untersuchungen 9, 183 ff (1863).

[2]) Annales de l'observatoire de Paris, tome VIII p. 7.

[3]) Vgl. auch Leitzmann, Über Störungserscheinungen bei astronomischer Registrierung in Wundt, Phil. Stud. V. S. 56.

Einstellung nicht näher eingehen, zumal dies in letzter Zeit öfters geschehen ist. Nur die ihrer Untersuchung gemeinsamen Gesichtspunkte sollen hier kurz hervorgehoben werden, wobei aber der Nachdruck stets auf der Einübung und Prüfung der antizipierenden Registrierung liegen soll.

Seit der Analyse des Reaktionsvorgangs durch L. Lange unterscheidet man an ihm bekanntlich den sensoriellen und muskulären Faktor. Der qualitative Inhalt des muskulären Moments ist nun hier bei Verabredung der nämlichen Registrierbewegung für beide Einstellungen im wesentlichen der gleiche. Dagegen besteht der Inhalt des sensoriellen Moments bei der eigentlichen Reaktion auf den (vollendeten) Durchgang in der Sinneswahrnehmung des Durchgangs selbst, bei der antizipierenden dagegen in der Wahrnehmung einer etwas früheren Bewegungsphase, die von dem antizipierten Zeitpunkt um die zur Ausführung der Handlung erforderliche Zeitstrecke abzustehen scheint, da ja bei ihr die Tendenz vorliegt, die Muskelbewegung bereits mit dem vorausgesehenen Durchgang selbst zusammenfallen zu lassen.

Schon bei der eigentlichen Reaktion auf den Sterndurchgang erscheint nun eine Entscheidung darüber, ob wirklich erst der vollendete Durchgang das Motiv für den Bewegungsvorgang gebildet hat, ohne unnötige Beeinträchtigung des muskulären Faktors nur dadurch möglich, daß man feststellt, ob die Bewegung auch trotz des Ausfalls des Durchgangs stattfindet oder nicht. Denn da bei der Voraussicht des Durchgangs, wie schon erwähnt, eine starke Tendenz zu der antizipierenden Einstellung nahe liegt, so kann sich auch die Versuchsperson selbst auf die eigentliche Reaktion auf den vollendeten Durchgang nur durch die Berücksichtigung des Ausfalls fortgesetzter Kontrollen dieser Art allmählich sicher einüben. Auf diese Weise gelang es F. Günther[1]) in der Tat, die antizipierende Reaktionsform bei Durchgangsbeobachtungen vollständig auszuschließen und eine einheitliche Einstellung seiner Versuchspersonen im Sinne der vollständigen Reaktion auf den Durchgang zu erzielen. Solche objektive Motivkontrollen lassen sich aber nun in ganz analoger Weise auf die antizipierende Registrierung über-

[1]) F. Günther, Reaktionsversuche bei Durchgangsbeobachtungen, in Wundt, Psych. Stud. Bd. VII: S. 229ff.

tragen. Entsprechend der neuen Sachlage bezüglich des sensoriellen Moments ist nur eben nicht mehr erforderlich, daß die Registrierbewegung durch den Ausfall des Durchgangs selbst gehemmt wird. Das Motiv besteht ja hier bereits in der Wahrnehmung einer bestimmten Annäherung des Sterns an das Fadenkreuz. Daher wird hier also auch die Bewegung nur dadurch zu hemmen sein, daß auch schon dieser Grad der bloßen Annäherung unterbleibt, der an sich freilich zunächst noch nicht genauer bekannt ist, vielmehr höchstens seiner allgemeinen Dimension nach auf die Dauer einer Reaktionszeit unter den gegebenen sensoriellen und muskulären Vorausetzungen geschätzt werden kann. Eine solche genauere Prüfung des sensoriellen Momentes, das der antizipierenden Registrierung in Wirklichkeit zugrunde liegt, ist an sich natürlich nicht darauf beschränkt, daß man eine bestimmte Phase eines stetigen Vorgangs als Motiv der Willenshandlung verabredet, sondern sie kann mutatis mutandis auch bei diskontinuierlicher Vorbereitung auf einen bestimmten Zeitpunkt, mit dem die Bewegung gleichzeitig erfolgen soll, durchgeführt werden, woran wir schon oben das Wesen der Antizipation näher erläutert haben. Wird z. B. die Antizipation des Reizeintritts durch Rhythmus möglich, indem ihm in konstantem Intervall ein oder mehrere Vorsignale vorangehen, so könnte die zur Impulshemmung erforderliche Aufhebung der Erwartung des Reizeintrittes in hinreichendem Zeitabstand von dem antizipierten Moment dadurch erreicht werden, daß man auf das Ausbleiben des Hauptreizes durch neue verabredete Zwischenreize zwischen Vorsignal und dem eigentlichen Moment des Reizeintrittes hinweist. Auch könnte man durch das Abbrechen eines im Vorbereitungsstadium dauernd vorhandenen Eindrucks, z. B. des Tons einer elektromagnetischen Stimmgabel, auf das Ausbleiben des antizipierten Reizes aufmerksam machen. In allen solchen Fällen würde der Hinweis auf den Reizausfall die Registrierbewegung immer nur dann aufheben können, wenn er vor dem Anschwellen des Impulses erfolgt. Doch bringt die Registrierung von Durchgängen den besonderen Vorteil für die Untersuchung der Antizipation mit sich, daß diese hier ganz besonders leicht fällt und daher auch trotz gewisser Störungen des Motivationszusammenhanges, die bei der Einführung von Prüfungsversuchen unvermeidlich sind, sicher aufrecht erhalten werden kann. Dabei suchten wir aber

die Vorbereitung der Antizipation, die allein schon von der bloßen Stetigkeit der Bewegungswahrnehmung als solcher herrühren würde, ihrerseits noch durch den schon bei diskontinuierlichen Eindrücken in gleicher Richtung wirksamen Rhythmus zu unterstützen. Wir ließen nämlich erst den dritten Durchgang eines Sterns registrieren, der von einer bestimmten seitlichen Ausgangslage pendelförmig um den vertikalen Durchgangsfaden als Symmetrieachse horizontal hin und her schwang. Bei so kräftig vorbereiteter Antizipation war leicht die Hauptforderung bei Einführung von Prüfungsversuchen zu erfüllen, daß die Versuchsperson nicht aufhört, sich in voller positiver Bereitschaft dem verlangten Motivationszusammenhang hinzugeben. Freilich darf der Beobachter außerdem auch nicht etwa durch die technische Vorbereitung der einzelnen Versuche oder durch ihre Reihenfolge auf das Erscheinen eines Prüfungsversuches und den ungefähren Zeitabstand des Hemmungsmotivs von dem antizipierten Vorgang aufmerksam gemacht werden.

Von besonderem Enfluß auf die Zeitschwelle des Impulses, d. h. des Zeitabstandes des eben noch wirksamen Hemmungsmotivs vom antizipierten Vorgang, ist endlich noch die Art dieser Hemmung, d. h. des Prüfungsvorgangs, der die Aufhebung der Erwartung des eigentlichen Reizes herbeiführen soll. Dieses Hemmungsmotiv wird ja in den einzelnen Fällen mehr oder weniger leicht zu erkennen sein und dadurch eine größere oder geringere Annäherung des gelungenen Prüfungsversuchs an eine sogenannte Wahlreaktion bewirken. Für uns ergab sich als ein selbstverständliches und besonders einfaches Hilfsmittel, um die Erwartung des Durchgangs aufzuheben, das Verlöschen des Sterns. Die Erkennung des negativen Falles war also hier besonders erleichtert. Der Prüfungsversuch galt als gelungen, wenn es der Vp. möglich war, den gewöhnlichen Reaktionstaster, der zunächst niedergedrückt war und einen Kontakt schloß, ohne Unterbrechung in Kontakt zu halten.

Wenn nun in einem Versuch der Stern in einer bestimmten Entfernung vom Faden verlöschte und der Beobachter imstande war, den Bewegungsimpuls zurückzuhalten, so müssen wir annehmen, daß ihm dies in dem betr. Versuch auch beim Verlöschen des Sterns an irgendeiner weiter entfernten Stelle gelungen wäre. Hatte dagegen die Hemmung in dieser Entfernung keinen Erfolg, so schließen wir, daß

im selben Versuch auch bei allen näher am Faden liegenden Stellen derselbe Fall eingetreten wäre. Wir nehmen an, daß es in jedem einzelnen Versuch einen Zeitpunkt gibt, vor dem ein Verlöschen des Sterns stets die Bewegung zurückgehalten hätte, nach dem dies nicht mehr möglich gewesen wäre. Diesen Grenzpunkt können wir als eine »Schwelle« auffassen in dem allgemeinen Sinne eines »Extrems einer abstufbaren Auslösungsbedingung für einen Vorgang, der jenseits derselben eben nicht mehr eintreten kann«[1]), eben des Extrems für die Möglichkeit, bzw. Unmöglichkeit der Hemmung. Dabei ist zu vermuten, daß diese kritische Stellung des Sterns nicht von Versuch zu Versuch dieselbe bleibt, sondern wie jede Schwelle »zufälligen« Schwankungen unterworfen ist und daher nur in Mittelwerten angegeben werden kann. Eine der ersten Hauptaufgaben unserer Untersuchung der antizipierenden Reaktion bestand nun darin, für diese Zeitschwelle der möglichen Impulshemmung Zahlenwerte zu gewinnen und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen zu untersuchen. Es ist zu beachten, daß wir diese zufälligen Schwankungen unterworfene Schwelle nicht selbst beobachten. Wir hypostasieren allerdings, daß es in jedem einzelnen Versuch eine solche zeitliche Grenze zwischen der Möglichkeit und Unmöglichkeit der Hemmung gibt. Sie muß dann vor oder nach dem Verschwinden des Sterns liegen, je nachdem die Hemmung der Bewegung hierbei gelang oder nicht mehr möglich war. Daher hat man zur Bestimmung dieser Zeitschwelle genau denselben Weg einzuschlagen, wie bei der Ableitung einer Reizschwelle, wo es nur die beiden Möglichkeiten der Erkennung oder der Nichterkennung des Reizes gibt:

Man läßt den Stern in bestimmt abgestuften Zeitabständen vom Durchgang wiederholt verlöschen und stellt für jede Stufe die relative Häufigkeit fest, in der unter allen Fällen die Hemmung möglich war. Diese läßt sich dann auch wieder als Ordinate den Zeitdifferenzen als Abszissen zugeordnet denken und graphisch in der vor allem aus der »Methode der drei Hauptfälle« bekannten Weise darstellen. Die Funktion, wonach diese relative Häufigkeit der gelungenen Hemmungen von den genannten Zeitdifferenzen abhängt, stellt dann die »Summen-

[1]) W. Wirth, Psychophysik S. 164.

funktion«[1]) für den zugehörigen hypothetischen K. G. der gesuchten Schwelle dar, auf den man die charakterisierenden Hauptwerte z. B. des arithmetischen Mittels der Schwelle und ihres mittleren Fehlers bezieht. Die Spearman-Wirthschen Formeln zur Berechnung dieser Werte werden bekanntlich besonders einfach, wenn man äquidistante Ordinaten beobachtet hat. Da es in unserem Fall der ungleichförmigen Pendelbewegung des Sterns jedoch sehr umständlich gewesen wäre, die Zeitdistanz des Verlöschens vom Durchgang nach gleichen Zeitteilen abzustufen, operierten wir mit nicht äquidistanten Abstufungen. Bei der Beschränkung auf lineare Interpolation der genannten Abhängigkeitsfunktion lautet dann die Formel für das arithmetische Mittel der Schwelle:

$$\mathfrak{A} = x_p - \tfrac{1}{2}[z_1(x_2 - x_0) + z_2(x_3 - x_1) + \cdots + z_{p-1}(x_p - x_{p-2}) + (x_p - x_{p-1})]$$ [2])

Dabei bedeuten x_i die Stellen des Verlöschens, ausgedrückt in Zeiteinheiten, z_i die zugehörigen relativen Häufigkeiten der gelungenen Hemmung; x_p und x_0 sind die Grenzabszissen, die den Bereich der Schwankung zwischen geglückter und nicht geglückter Hemmung nach oben und unten hin abgrenzen, so daß $z_0 = 0$, $z_p = 1$ ist. Etwas unbequemer ist die Nicht-Äquidistanz der Hemmungsstellen für die Bestimmung des mittleren Fehlers. Dabei schlägt man am besten folgenden Weg ein: Zwischen die durch die Beobachtung gewonnenen nicht äquidistanten Ordinaten interpoliert man zunächst nach einer der bekannten Methoden äquidistante Werte, die man so wählt, daß ihre Abszissen im Mittel möglichst wenig von den ursprünglichen abweichen. Ich verwandte hierzu die sog. Differenzenmethode. Auf die so erlangten äquidistanten Ordinaten läßt sich dann die Wirthsche Formel für den mittleren Fehler der Schwelle bei äquidistanten Ordinaten direkt anwenden:

$$M = i\sqrt{2[(p-1)g_1 + (p-2)g_2 + \cdots + 1 \cdot g_{p-1} + \tfrac{1}{8}] - \Big[\sum_{i=1}^{i=p} g_i - \tfrac{1}{2}\Big]^2}$$ [3])

Dabei bedeutet i das bei der Interpolation entstandene Intervall der neuen äquidistanten Abszissen, $g_0 \cdots g_p$ sind die interpolierten Ordinaten, g_0 und g_p begrenzen den Schwankungsbereich; daher ist $g_0 = 0$, $g_p = 1$.

[1]) Zur näheren Ableitung vgl. W. Wirth, Psychophysik S. 164 ff.
[2]) Siehe W. Wirth, Psychophysik S. 89.
[3]) Vgl. W. Wirth, Psychophysik S. 192.

Alle diese Versuche mit Verlöschen des Sterns vor dem Durchgang, die zur Feststellung der genannten Schwelle vorgenommen werden, behalten aber natürlich ihre eigentliche Bedeutung nur so lange bei, als die Einstellung in konstanter Weise darauf gerichtet bleibt, die Bewegung wirklich gleichzeitig mit dem vorausgesehenen Durchgang auszuführen. Diese Einstellung kann aber nur dadurch aufrecht erhalten bleiben, daß der Durchgang oft genug wirklich ungehindert stattfindet, so daß die Registrierung in der normalen Weise erfolgen kann. Eine solche Schwellenbestimmung kann also stets nur durch Einmischung der Prüfungsversuche in eine Reihe normaler antizipierender Registrierungen erfolgen, wobei freilich die Prüfungen mit Verlöschen des Sterns relativ zahlreich sein müssen. Die normalen Versuche geben hierbei neben der Schwellenbestimmung die Möglichkeit, die antizipierende Reaktion direkt zu untersuchen, im besonderen den Abstand der Registrierung vom wahren Durchgang, d. h. den Zeitfehler der Bestimmung, zu messen, wie es früher seit Hirsch üblich war. Alle wirklichen Registrierungen des ungestörten Durchganges bilden dann einen K. G., den wir graphisch durch Verteilungskurven[1]) charakterisieren. Für seine Wiedergabe durch Hauptwerte und Streuungsmaße beschränken wir uns ebenfalls auf das »Arithmetische Mittel« und den mittleren Fehler[2]). Für eine

[1]) W. Wundt, Phys. Psych. III[6] S. 394.

[2]) Die Formel für das »Arithmetische Mittel« lautet dann bekanntlich:

$$\mathfrak{A} = x_1 z_1 + x_2 z_2 + \cdots + x_p z_p$$

und für den mittleren Fehler

$$M = \sqrt{(x_1 - \mathfrak{A})^2 z_1 + (x_2 - \mathfrak{A})^2 z_2 + \cdots + (x_p - \mathfrak{A})^2 z_p}$$

wobei z_i die relative Häufigkeit bedeutet, mit der der Wert x_i unter der Gesamtzahl der Beobachtungen vorkommt.

Bei dem Zusammenschluß einzelner Gruppen der Versuche zu einem größeren Ganzen kann es wünschenswert erscheinen, die Hauptwerte dieses größeren K. G. aus den Hauptwerten der einzelnen Gruppen unmittelbar zu finden, ohne auf die einzelnen Beobachtungen zurückgehen zu müssen. Bezeichnen wir die arithmetischen Mittel der einzelnen Gruppen mit $\mathfrak{A}_1$, $\mathfrak{A}_2 \cdots \mathfrak{A}_n$, die Zahl der den einzelnen Gruppen zugrunde liegenden Beobachtungen mit $m_1, m_2, \ldots m_n$, dann ist bekanntlich das arithmetische Mittel $\mathfrak{A}$ des gesamten K. G.

$$\mathfrak{A} = \frac{\mathfrak{A}_1 m_1 + \mathfrak{A}_2 m_2 + \cdots + \mathfrak{A}_n m_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}$$

Auch der mittlere Fehler M läßt sich jedoch in den Einzelwerten ausdrücken, wie folgende Ableitung zeigt:

Deutung der beiderseitigen Ergebnisse der Schwellenbestimmung und der antizipierenden Registrierung des ungestörten Durchgangs wird dann schließlich die Zeitdifferenz zwischen den unter analogen

---

Es ist

$$\mathfrak{A} = x_1 z_1 + x_2 z_2 + \cdots + x_p z_p$$

$$M^2 = (x_1 - \mathfrak{A})^2 z_1 + (x_2 - \mathfrak{A})^2 z_2 + \cdots + (x_p - \mathfrak{A})^2 z_p$$

Dabei ist $z_i = \frac{g_i}{m}$, wenn g_i die absolute Häufigkeit des Wertes x_i, m die Gesamtzahl der Beobachtungen bedeutet.

Dann läßt sich die Formel für M^2 umformen:

$$\begin{aligned} M^2 = {} & x_1^2 z_1 + x_2^2 z^2 + \cdots + x_p{}^2 z_p \\ & - 2\mathfrak{A}(x_1 z_1 + x_2 z_2 + \cdots + x_p z_p) \\ & + \mathfrak{A}^2 (z_1 + z_2 + \cdots + z_p) \end{aligned}$$

Es ist aber

$$\begin{aligned} x_1 z_1 + x_2 z_2 + \cdots + x_p z_p &= \mathfrak{A} \\ z_1 + z_2 + \cdots + z_p &= 1 \end{aligned}$$

Mithin:

$$M^2 = x_1^2 z_1 + x_2^2 z_2 + \cdots + x_p{}^2 z_p - 2\mathfrak{A}^2 + \mathfrak{A}^2 \text{ oder}$$

$$M^2 = \frac{1}{m}[x_1^2 g_1 + x_2^2 g_2 + \cdots + x_p{}^2 g_p] - \mathfrak{A}^2 \text{ (I) oder endlich}$$

$$(M^2 + \mathfrak{A}^2)\, m = (x_1^2 g_1 + x_2^2 g_2 + \cdots + x_p{}^2 g_p]$$

Diese Formel gilt für eine beliebige Gruppe von Beobachtungen und die entsprechenden Hauptwerte.

Bezeichnet man nun Größen, die sich auf die Einzelgruppen des K. G. beziehen, mit besonderen Indizes, und sind $x_1 \cdots x_p$ sämtliche in allen Gruppen zusammen, d. h. im ganzen K. G. überhaupt vorkommenden Werte, dann ist

$$\begin{aligned} (M_1^2 + \mathfrak{A}_1^2)\, m_1 &= x_1^2 g_{1,1} + x_2^2 g_{2,1} + \cdots + x_p{}^2 g_{p,1} \\ (M_2^2 + \mathfrak{A}_2^2)\, m_2 &= x_1^2 g_{1,2} + x_2^2 g_{2,2} + \cdots + x_p{}^2 g_{p,2} \\ (M_n^2 + \mathfrak{A}_n^2)\, m_n &= x_1^2 g_{1,n} + x_2^2 g_{2,n} + \cdots + x_p^2 g_{p,n} \end{aligned}$$

Dabei wird in den einzelnen Zeilen stets eine Anzahl der $g = 0$ sein. Dann ist:

$$\frac{(M_1^2 + \mathfrak{A}_1^2)\, m_1 + (M_2^2 + \mathfrak{A}_2^2)\, m_2 + \cdots + (M_n^2 + \mathfrak{A}_n^2)\, m_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}$$

$$= \frac{x_1^2(g_{1,1} + g_{1,2} + \cdots + g_{1,n}) + x_2^2(g_{2,1} + g_{2,2} + \cdots + g_{2,n}) + \cdots + x_p^2(g_{p,1} + g_{p,2} + \cdots g_{p,n})}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}$$

Dann ist aber

$$g_{1,1} + g_{1,2} + \cdots g_{1,n} = g_1, g_{2,1} + g_{2,2} + \cdots + g_{2,n} = g_2, \cdots$$

$$g_{p,1} + g_{p,2} + \cdots + g_{p,n} = g_p, \text{ wo } g_1, g_2, \cdots g_p$$

Bedingungen gewonnenen Mittelwerten der beiden Kollektivgegenstände von besonderer Bedeutung sein.

Obwohl die einwandfreie Vergleichbarkeit der Bestimmungen eine möglichst zufällige Untermischung der beiderseitigen Versuche erfordert, erschien es übrigens geboten, die Einseitigkeiten einer rein zufälligen Anordnung der Versuche zu beschränken, im besonderen den Stern nicht zu oft hintereinander verlöschen zu lassen. Denn die plötzliche Hemmung der Willenshandlung bildet ja im Vorstellungsverlauf ein so neues und eigenartiges Erlebnis, daß es nicht von vornherein abzusehen ist, ob nicht bei beliebig oft wiederholter Hemmung erhebliche Änderungen im Ablauf der Willenshandlung eintreten und einen anderen als den verlangten Motivationszusammenhang mit sich bringen. Bei der relativen Häufigkeit der zur Schwellenbestimmung erforderlichen Prüfungsversuche im Vergleich mit den Normalversuchen werden ohnehin die unvermeidlichen Störungen des Motivationszusammenhanges der antizipierenden Reaktion stärker sein, als etwa bei den Kontrollen der Reaktion auf einen Reiz mit Vorsignal, bei denen man nur feststellen will, daß die Reaktion bei völligem Ausfall des Reizes unterbleibt, sich also mit einer relativ geringen Präzision von Motivunterscheidungen begnügt. Deshalb wird es aber gerade auch eine Aufgabe unserer Untersuchung sein, zu finden, welche neuen Bedingungen durch die Hemmung in den psychischen Verlauf eintreten, wobei außer den objektiven Messungen auch die Selbstbeobachtungen der Versuchspersonen von Wichtigkeit sind.

---

die absolute Häufigkeit der Werte $x_1, x_2, \cdots x_p$ im gesamtem K. G. bedeuten. Ferner ist

$$m_1 + m_2 + \cdots + m_n = m$$

wenn m die Gesamtzahl der Beobachtungen ist. Die rechte Seite der obigen Gleichung ist demnach

$$= \frac{1}{m} [x_1^2 g_1 + x_2^2 g_2 + \cdots + x_p^2 g_p]$$

$$= x_1^2 z_1 + x_2^2 z_2 + \cdots + x_p^2 z_p$$

Dieser Ausdruck ist aber, wie man aus der Formel I ersieht

$$= M^2 + \mathfrak{A}^2$$

Demnach ist

$$M^2 = \frac{(M_1^2 + \mathfrak{A}_1^2) m_1 + (M_2^2 + \mathfrak{A}_2 \, m_2 + \cdots + (M_n^2 + \mathfrak{A}_n^2) m_n}{m_1 + m_2 + \cdots + m_n} - \mathfrak{A}^2$$

Man kann also den mittleren Fehler eines K. G. in einfacher Weise aus den arithmetischen Mitteln und den mittleren Fehlern der einzelnen Gruppen berechnen.

Was nun die Variation der allgemeinen Versuchsbedingungen angeht, so wäre eine solche zunächst hinsichtlich des Betonungsverhältnisses der beteiligten sensoriellen und muskulären Faktoren denkbar. Eine antizipierend ausgelöste Willenshandlung erscheint zwar dem unbefangenen Beobachter ebenso als ein einheitliches Bewußtseinserlebnis wie eine sog. natürliche Reaktion auf die Wahrnehmung eines Reizes. Wie man aber nun bei der gewöhnlichen Reaktion eine mehr sensoriell oder mehr muskulär gerichtete Einstellung unterscheiden kann, so könnte man auch bei unserer Einstellung daran denken, bald mehr die Bewegung des Sterns zu beachten, aus deren Wahrnehmung die Antizipation des Durchgangs herauswächst, bald das Augenmerk mehr auf die Vorbereitung des Bewegungsimpulses zu richten. Angesichts der Komplikation, die schon mit der Hemmung der vorbereiteten Willenshandlung gegeben war, erschien es aber nicht geraten eine Variation der Versuche bezüglich der subjektiv willkürlichen Aufmerksamkeitsrichtung vorzunehmen, sondern vorläufig nur objektive Bedingungen bei möglichst konstanter Gesamteinstellung zu variieren. Unter den objektiv gegebenen Nebenumständen hat nun bisher bei den Durchgangsbeobachtungen stets die Geschwindigkeit des Sterns entscheidenden Einfluß gehabt. Auch ich habe daher eine Variation der Versuche hinsichtlich der Geschwindigkeit vorgenommen, die sich sowohl auf die Bewegungsgeschwindigkeit wie auf das Tempo der Sternschwingungen bezog.

II. Die Versuchsanordnung.

Als Durchgangspendel diente ein Pendelmyographion, das früher von Weyer[1]) zu seinen Komplikationsversuchen benutzt und zu diesem Zwecke mit einer genauen Kontaktvorrichtung versehen war. Eine Änderung der Schwingungsdauer geschah durch die Verschiebung eines Gewichts an einer Laufstange und durch Änderung der Größe des Gewichtes.

Um den künstlichen Stern hervorzubringen, war durch eine fest mit dem Pendel verbundene Eisenscheibe an einer verdünnten Stelle ein feines Loch gebohrt, hinter dem ebenfalls fest mit dem Pendel

[1]) Vgl. Wundt, Philos. Stud. Bd. XIV. S. 616.

verbunden, eine mattierte Glühlampe brannte. Die Beobachtung des Sterns geschah durch ein 1,5-fach vergrößerndes astronomisches Fernrohr, das in 110 cm Distanz vom Stern aufgestellt war. Als Faden, durch den der Stern ging, diente ein dünner Metalldraht, der um die Parallaxe möglichst zu beschränken, dicht vor dem Pendel aufgespannt war. Das Fernrohr wurde dann so eingestellt, daß Stern und Faden sich deckten, wenn das Pendel ruhig in der Mittellage hin. Während das Pendel auf einem niedrigen, massiven Tisch stand, befand sich das Fernrohr auf einem zweiten höheren Tisch in gleicher Höhe mit dem Stern. Vor diesem Tisch saß der Beobachter. Rechts neben ihm, bequem mit der Hand erreichbar, war auf dem Tisch der Reaktionstaster aufgeschraubt. Alle Versuchspersonen beobachteten mit dem rechten Auge, das linke war geöffnet, aber durch eine schwarze Pappe am freien Ausblick gehindert.

Was nun die Anordnung im einzelnen anbelangt, so wurde das Pendel in der Anfangslage von einem Elektromagneten I festgehalten. Der Stromkreis von I lies sich durch einen Schalter I′ öffnen und schließen, der auf dem kleinen Tisch hinter dem Pendel befestigt war. Um nun den Stern in den Prüfungsversuchen bei der zweiten kritischen Schwingung zum Verlöschen zu bringen, konnte man nicht einfach den Strom der Glühlampe ausschalten; denn das Verlöschen der Glühlampe vollzieht sich nicht plötzlich genug. Die Verdunklung des Sterns geschah deshalb etwas komplizierter: Hinter dem Loch war ein kleiner Hebel Z angebracht. Dieser wurde für gewöhnlich von einem Elektromagneten III soweit zurückgezogen, daß das Loch gerade frei war. Bei Unterbrechung von III zog ihn eine Feder F zwischen Loch und Glühlampe und verdunkelte damit den Stern. Die Ausschaltung des Elektromagneten III wurde vom Pendel selbst durch Unterbrechung des Kontaktes III′ bewirkt, der sich an der mit dem Untergestell des Pendels fest verbundenen Kontaktschiene S durch einen Zahnbetrieb hin- und herstellen ließ. Da dies aber erst bei der zweiten Schwingung des Pendels geschehen durfte, so mußte der Kontaktauslöser bei der ersten Schwingung zurückgezogen sein, um erst am Beginn der zweiten vorzuschnellen. Zu diesem Zwecke befand sich am Pendel ein Gelenk, an dessen einem Arm A_1 der Auslöser angebracht war. Dieser erfaßte den Kontakt III′ nur dann, wenn der andere Arm A_2 von einem Elektro-

magneten IV oben angezogen war. Die Schließung von IV geschah mit Hilfe eines Kontaktes IV′ hinter dem Pendel. Demnach geschah das Auslöschen des Sterns auf folgendem Wege:

Das Pendel schwang mit hellem Stern erst einmal hin und her, zum Beginn der dritten halben Schwingung schloß der Experimentator den Kontakt IV′ und damit den Elektromagneten IV. Dadurch senkte sich der eine Arm A_1 des Gelenkes G und unterbrach im Vorbeischwingen den Kontakt III′, der Elektromagnet III ließ den Hebel los, und dieser wurde von der Feder F zwischen Loch und Glühlampe gezogen, so daß der Stern verschwand.

Da aber nun der Elektromagnet IV den Arm A_2 nicht ohne jedes Geräusch anzog, so hätte die Vp. auf das kommende Verlöschen aufmerksam werden können, wenn der Kontakt III′ nur bei einem Prüfungsversuche berührt worden wäre, die Unwissentlichkeit der Versuche wäre also gestört worden. Um dies zu vermeiden, ließ ich den Kontakt III′ in jedem Fall unterbrechen, also auch bei den Versuchen, wo der Stern ohne Verlöschen durchschwingen sollte, so daß die einzelnen Versuche sich nicht mehr durch verschiedene Geräusche unterschieden. Da aber eben ein Unterbrechen von III′ doch nicht in jedem Fall ein Verlöschen des Sterns herbeiführen sollte, war es notwendig, an III′ einen Nebenstromkreis mit einem Schalter III′a anzuschließen. War III′a offen, so bewirkte ein Umwerfen von III′ auch eine Unterbrechung des Stroms und ein Verlöschen des Sterns. War jedoch III′a geschlossen, so blieb trotz der Unterbrechung von III′ der Stromkreis geschlossen, der Stern also hell. Das Öffnen und Schließen von III′a konnte völlig geräuschlos mit einem Quecksilberkontakt vor Beginn des Versuchs geschehen.

Um die Bewegung des Pendels nicht zu hindern, waren die Stromzuführungsdrähte nach den einzelnen Elektromagneten am Pendel und nach der Glühlampe hinter dem Loch erst nach der Achse des Pendels geführt (in Fig. 1 ist das der Übersichtlichkeit halber nicht getan). Der elektrische Strom wurde durch einen Akkumulator geliefert.

Auch die zeitmessende Vorrichtung stand mit dem Pendel selbst in unmittelbarer Verbindung. Dies hatte den großen Vorteil, daß außer dem Experimentator keine weitere Person zum Ablesen der

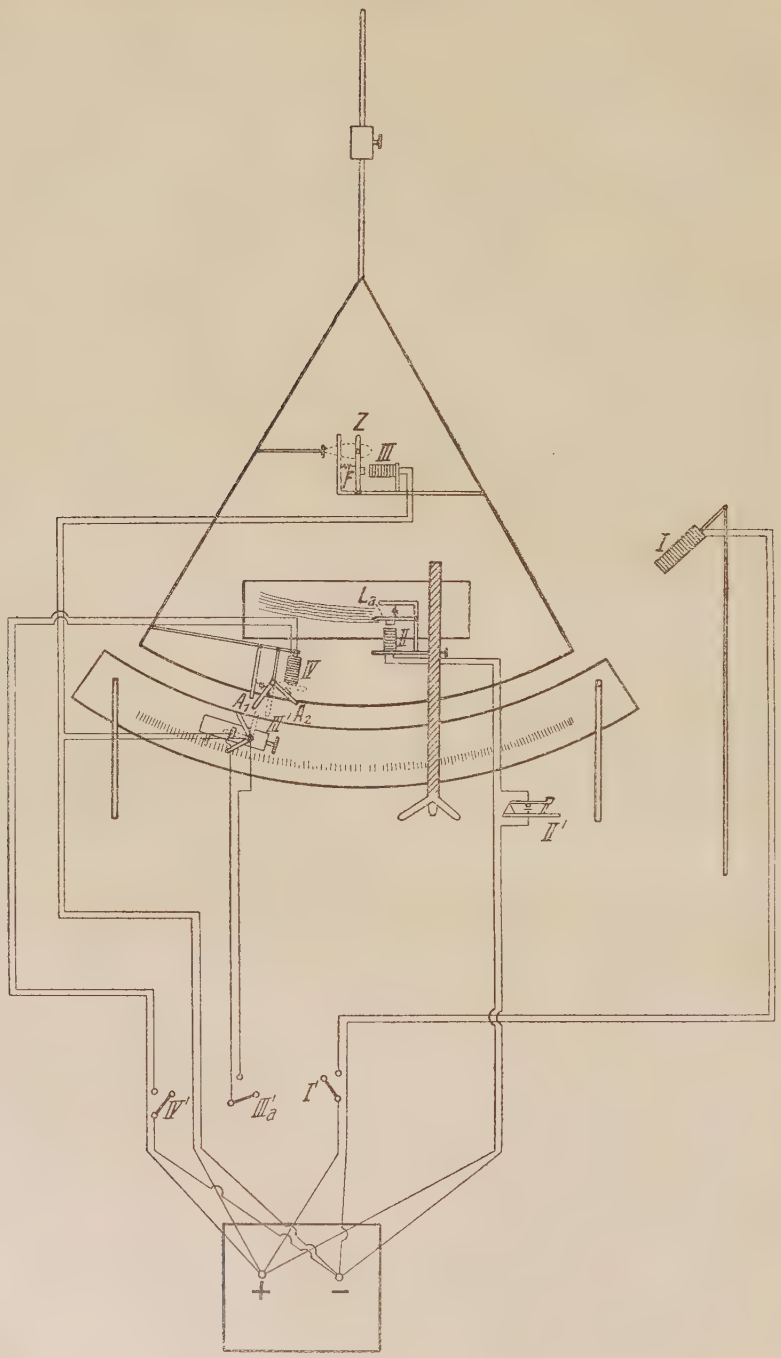


Fig. 1. Schema der Versuchsanordnung.

Zeit nötig war. Mit dem Pendel schwang die berußte Glasplatte, die von der Verwendung des Pendels als Myographion herstammte. An ihr schrieb der Aluminiumschreiber *La* des Markiermagneten II, der an einem Stativ, getrennt vom Pendel, befestigt war und mittels Zahntriebes senkrecht auf- und niedergeschraubt werden konnte. Die Reaktionsbewegung, bei der der zuerst niedergedrückte Taster losgelassen wurde, ließ diesen Schreiber mit einer deutlichen Exkursion von etwa 1,5 mm von der unteren in die obere Lage übergehen.

Um den Zeitfehler einer solchen Registrierung zu bestimmen, d. h. um anzugeben, um wieviel Zeiteinheiten vor, bzw. nach dem wirklichen Durchgang des Sterns durch den Faden die Reaktionsbewegung erfolgte, war bei der konstanten Schwingungsform des Pendelmyographions keine fortgesetzte Stimmgabelregistrierung erforderlich. Vielmehr genügte die Angleichung der Marken an ein Eichungsschema, das für die verschiedenen Höhen der Schreiberlinien bei der dritten halben Schwingung ein für allemal aufgezeichnet war. Dieses aber war auf einer genau gleichen zweiten Glasplatte aufgezeichnet, mit der man dann die Zeiten auf der ersten unmittelbar ablesen konnte. Es bestand in einer Reihe von radial auf der Schwingungsebene nach oben konvergierenden Linien, die um je eine ganze Schwingung einer elektromagnetischen Stimmgabel ($n = 109$) voneinander abstanden und einen auch die größten zu erwartenden Zeitfehler einschließenden Raum zu beiden Seiten der Symmetrielinie ausfüllten. Um nun mit Hilfe dieser geeichten Glasplatte den Zeitwert einer einzelnen Registrierung abzulesen, deckte ich sie so über die berußte Glasplatte, daß die Seite mit den weißen Linien auf die berußte Seite der anderen Platte zu liegen kam, eine Parallaxe der Ablesung also nicht entstehen konnte und zwar so, daß die Symmetrielinien beider Platten zusammenfielen. Durch Unterlegung von weißem Papier ließ sich dann leicht ablesen, um wieviel Schwingungen vor, bzw. nach dem Durchgang die betreffende Registrierung erfolgt war. Die Ablesung geschah bis auf ganze Schwingungen genau, Zehntel einer Schwingung ließen sich noch schätzen. Durch Multiplikation mit $\frac{1000}{109}$ konnte man dann leicht die gemessenen Zeiten auf σ umrechnen.

Der Kontakt, dessen Unterbrechung den Stern zum Verlöschen brachte, ließ sich längs einer Skala verschieben, und die einzelnen Stellen dieser Skala waren auf Zeitwerte zu eichen. Zu dem Zweck wurde der Kontakt auf die zu eichende Skalenstellung gebracht und ganz lose eingestellt, so daß er eben den Strom schloß. Während IV geschlossen war, wurde dann das Pendel vorsichtig so weit herangeführt, daß A_1 den Kontakt gerade berührte. Darauf wurde II′ geschlossen, so daß an der betreffenden Stelle der Glasplatte eine Markierung erfolgte, deren Zeitwert sich ablesen ließ. Diese Eichung erfolgte zur Kontrolle mehrere Male und zwar für die räumlich äquidistanten Stellen der Skala, bei denen der Stern zum Verlöschen gebracht wurde. Selbstverständlich hatten diese Bestimmungen bei jeder Geschwindigkeit von neuem zu erfolgen.

Ferner war die Latenzzeit des Elektromagneten II zu bestimmen. Zu dem Ende wurde der Kontakt III′ in den Stromkreis II eingeschaltet. Bei geschlossenem Elektromagneten IV wurde das Pendel ganz langsam an III′ herangeführt, bis eine Unterbrechung des Stromes und damit eine Registrierung eintrat. Andererseits ließ ich den Kontakt durch das schwingende Pendel unterbrechen; dadurch erfolgte dann wieder eine Registrierung. Beide Registrierungen lagen dann um die gesuchte Latenzzeit auseinander. Um diese Latenzzeit wurden die Reaktionen zu spät registriert.

Endlich war noch die Latenzzeit des Hebels festzustellen, der den Stern zum Verschwinden brachte, sowie der Verlauf seines Verlöschens zu kontrollieren. Zu dem Zweck schraubte ich am Pendelgestell eine schwarze Pappe fest mit einem scharfen Rand, der im Fernrohr beobachtet wurde. Dann ließ ich das Pendel schwingen. Der Stern wurde dann zunächst durch die Pappe verdeckt und tauchte erst an ihrem Rande auf. Verlöschte er bereits hinter der Pappe, so erschien er also gar nicht im Fernrohr. Ich rückte nun den Kontakt III′ zunächst in kurz aufeinanderfolgenden Versuchen allmählich in eine solche Stellung, daß der Stern eben noch in seiner vollen Helligkeit hinter dem Rande der Pappe hervorkam. Diese Stellung stellte dann den Beginn des Lichtabfalls dar. Ich führte das Pendel an die betreffende Kontaktstellung heran und markierte sie auf der Glasplatte, um die Latenzzeit dieses Beginns des Verlöschens zu finden. Anderseits stellte ich den Kontakt so, daß nur

noch ein eben wahrnehmbarer Schimmer des Sterns am Rande der Pappe erschien. Diese Stellung entsprach dann dem Ende des Lichtabfalls. Auch diese Kontaktstellung wurde auf der Glasplatte registriert. Die Differenz der beiden Registrierungen ergab dann die Zeit des Lichtabfalls. Als Moment des Verlöschens rechnete ich dann weiterhin die Mitte des Lichtabfalls. Die Eichung geschah, indem jemand am Fernrohr beobachtete, während ich den Kontakt verstellte. Auch diese Bestimmung wurde mehrere Male wiederholt, wobei auch Beobachter und Experimentator ihre Rolle tauschten.

Die Versuche fanden in einem Dunkelzimmer statt. Eine Glühlampe vor dem Pendel beleuchtete das Gesichtsfeld im Fernrohr, im besonderen den Metallfaden, eine andere erhellte die Skala, an der der Kontakt III′ eingestellt wurde. Die schwarze Pappe am Fernrohr schützte das Auge des Beobachters vor dem Lichte der Glühlampen.

Eine Versuchsreihe verlief nun in folgender Weise: Die Reihe wurde zunächst dadurch vorbereitet, daß der Experimentator die Lamelle *La* an die berußte Glasplatte heranführte, während das Pendel ganz ruhig in der Mittellage hing. Er registrierte diese Lage des Sterns durch eine kurze Schließung von II′. Indessen stellte der Beobachter auf eine scharfe Bisektion des Sterns mit dem Faden ein. Darauf schloß der Experimentator den Kontakt I′, ließ das Pendel vom Elektromagneten I festhalten und brachte den Kontakt an die Stelle der Skala, wo der Stern in dem nächsten der zur Schwellenmessung dienenden Versuche verlöschen sollte. Sollte der Stern überhaupt schon im nächsten Versuch verlöschen, so öffnete er den Kontakt III′a, im anderen Fall schloß er ihn (der Kontakt war hinter dem Pendel für den Beobachter unsichtbar angebracht). War er mit seinen Vorbereitungen fertig, so forderte er die Vp. durch ein kurzes »Bitte« auf, sich auf den Versuch innerlich vorzubereiten. War dies geschehen, so drückte die Vp. den Taster II′ nieder. Unmittelbar darauf unterbrach der Experimentator den Kontakt I′, und das Pendel begann zu schwingen. Beim Beginn der dritten halben Schwingung, bei der die Vp. reagieren sollte, schloß er den Kontakt IV′. Im Vorbeischwingen warf dann das Pendel den Kontakt III′ um. Je nachdem dann III′a geschlossen oder unterbrochen war, schwang der Stern durch oder verlöschte. Am Ende

der dritten halben Schwingung schaltete der Experimentator dann IV′ aus und ließ das Pendel nach I zurückschwingen. Daraufhin stellte er den umgeworfenen Kontakt III′ wieder ein, und wenn der Stern eben verlöscht war, stellte er ihn sofort auf die Stelle der Skala, wo er das nächste Mal verlöschen sollte, schraubte darauf an der Glasplatte *La* ein Stück herunter, so daß die neue Registrierung sich deutlich von der vorigen trennte, brachte dann III′a in die richtige Stellung, und der neue Versuch konnte beginnen.

Es wurde jedesmal etwa 35 Minuten gearbeitet, in der Mitte der Zeit wurde eine kurze Pause von etwa 5 Minuten eingeschaltet. In diesen 35 Minuten wurden dann 40—45 Versuche ausgeführt, deren Registrierungen sämtlich auf einer einzigen Glasplatte untereinander aufgezeichnet werden konnten. Die einzelnen Versuche selbst waren durch die kurzen Pausen getrennt, die der Experimentator zu der Vorbereitung des nächsten Versuchs brauchte. Selbstbeobachtungen, die die Versuchsperson gemacht hatte, teilte sie unmittelbar nach jedem einzelnen Versuch dem Experimentator mit, dieser zeichnete sie dann sofort stenographisch auf.

III.

Die Versuche und ihre Ergebnisse.

Wir werden zunächst die Versuche betrachten, in denen der Ablauf der Handlung durch das Verlöschen des Sterns nicht gestört wurde. Sodann werden wir dem Einfluß nachgehen, den der Ausfall des Reizobjektes und die Aufgabe, in diesem Fall die Bewegung zurückzuhalten, auf die vorbereitete Willenshandlung ausübt. Schließlich werden wir uns Klarheit darüber zu schaffen suchen, welchen Aufschluß uns die Versuche über den Motivationszusammenhang der ungehemmten vorbereiteten Willenshandlung geben können.

1. Die antizipierende Reaktionsform.

Bei den Durchgangsbeobachtungen gibt es für das Verhalten des erfassenden Sinnesorgans, des Auges, drei Möglichkeiten: Das Auge kann während der Bewegung des Sterns abschätzend zwischen Faden und Stern hin- und hergehen, den Stern bei seiner Bewegung verfolgen, oder schließlich ruhig den Faden fixieren. Alechsieff[1]) und

[1]) Phil. Stud. XVI, S. 1 ff.

Günther[1]) haben gefunden, daß bei der Reaktion auf die Wahrnehmung des Durchgangs die letzte dieser drei Möglichkeiten, nämlich eine ruhige Fixation des Fadens, die beste Bedingung für eine gleichmäßige Vorbereitung der Reaktionsbewegung darstellt. Genau dasselbe gilt aber für die antizipierende Einstellung. Da hierbei ebenso der Durchgang der entscheidende Moment ist, den man antizipiert, so empfiehlt es sich auch hier, die Antizipation durch eine feste Fixation des Fadens auch äußerlich zu unterstützen.

Um nun diese Antizipation des Durchgangsmoments noch mehr zu erleichtern, hatten wir uns, wie gesagt, zu einer rhythmischen Vorbereitung des entscheidenden Durchgangs entschlossen. Der Stern schwang erst einmal hin und her, und auf den dritten Durchgang sollte antizipierend reagiert werden. Da eine jede Schwingung durch den Durchgang in zwei symmetrische Hälften geteilt wird, so erlebte demnach die Vp. zunächst den Ablauf von vier gleichen Zeitstrecken, auf das Ende einer fünften gleichen Zeitstrecke hin hatte sie dann einen Bewegungsimpuls antizipierend abzugeben. Die Versuchspersonen erkannten übereinstimmend die wesentliche Bedeutung, die dieser rhythmischen Zeitwahrnehmung für die Antizipation des Durchgangsmoments und die Auslösung des Bewegungimpulses neben der direkten Sinneswahrnehmung der stetigen Bewegung des Sterns zukam. In der Vorstellung der Zeitstrecke, die einer bestimmten räumlichen Distanz des Sterns vom Faden entspricht, werden ja gerade ihre herrschenden Elemente, die Spannungs- und Lösungsgefühle, in ihrem Verlauf wesentlich durch die rhythmische Folge der Durchgänge bestimmt.

Setzte sich nun der Stern in Bewegung, so merkte man, wie mit seiner Annäherung an den Faden die Aufmerksamkeit anstieg und im Faden selbst ihr Maximum erreichte, um mit der zunehmenden Entfernung des Sterns vom Faden wieder abzuklingen; man fühlte, wie unwillkürlich der Rhythmus dieser Aufmerksamkeitsschwankungen sich dem Rhythmus der Schwingungen anpaßte. Vollkommen parallel mit diesen rhythmischen Apperzeptionsschwankungen der antizipierenden Beobachtung ging dann in der dritten entscheidenden halben Schwingung die Entwicklung des Registrierimpulses vor sich. Während der Stern aus dem indirekten Sehen in das direkte über-

[1]) Psych. Stud. VII, S. 229 ff.

ging, spürte man, wie zum dritten Male stärker werdende Spannungsgefühle das Bewußtsein erfüllten und wie nun gleichzeitig im Arm die Spannungsempfindungen wuchsen, um plötzlich mit der Bewegung der Hand zur Entladung zu kommen. Der Hauptakzent des ganzen Vorgangs lag also entschieden am Ende, auf der Bewegung. Aber auch schon in den vorhergehenden Durchgängen waren Unterakzente vorhanden, und die Spannungsgefühle verbanden sich auch dort bereits deutlich mit Tendenzen zur Bewegung des Reaktionsfingers, wenn sie auch erst beim dritten Male in einen wirklichen Impuls übergingen. Wie aber nun auch bei den vorbereitenden Durchgängen die Aufmerksamkeit von der unmittelbar gegenwärtigen Sinneswahrnehmung des Sterns in den seitlichen Stellungen vor dem Faden abgelenkt war und dem zukünftigen Moment des Durchgangs zustrebte, so entzog sich auch bei der antizipierenden Registrierung der Zeitpunkt, wo sich der eigentliche Impuls zur Bewegung zu entwickeln begann, vollkommen der Beachtung. So meinte L bei einem Versuche: »Es ist wunderbar, wie sich der Impuls so im Unbeachteten entwickelt.« Von einem Gefühl der Entscheidung war daher nur wenig zu merken, fast triebartig wuchs die motorische Bereitschaft, von der Wahrnehmung der allmählichen Annäherung und den rhythmischen Spannungsgefühlen mit fortgerissen, um schließlich im Hauptakzent des Ganzen, in der Bewegung, zu enden. Dabei war der ganze Ablauf des Prozesses von einem ausgesprochenen Lustgefühl begleitet. Wenn man so empfand, wie sich die Handlung ganz stetig und selbstverständlich entwickelte, hatte man ein geradezu »ästhetisches Wohlgefallen«, wie sich W ausdrückte, am Erleben eines klaren, wohlgeordneten Vorgangs. Im normalen Versuch gelang diese Einstellung mühelos und wurde auch als vollkommen natürlich empfunden. Dagegen zog bei schlechter Disposition der schwingende Stern in höherem Maße die Aufmerksamkeit an sich, ohne daß deswegen das Auge die Fixation des Fadens aufzugeben brauchte. Bei diesen Versuchen einer seitlichen Aufmerksamkeitsverteilung trat dann sofort eine unruhige, unstetige Entwicklung des Impulses ein. Stärker als sonst spürte man ein unlustbetontes Gefühl der Entscheidung. Der Impuls entwickelte sich dann nicht mehr im Unbeachteten mit einer gewissen Stetigkeit, sondern riß sich gleichsam von einer bestimmten Stelle los. Während im ersten Fall der Druck des Fingers auf den

Taster gleichmäßig abnahm und in die Bewegung überging, gingen im zweiten Fall dem Loslassen Schwankungen des Drucks auf den Taster voraus. Diese Einstellung wurde jedesmal vom Beobachter selbst als Störung empfunden. Der betr. Versuch wurde dann nicht zur Mittelbildung hinzugezogen, wie natürlich überhaupt die Versuche, die von der Vp. als gestört angegeben wurden.

Solche Störungen der Einstellung traten am häufigsten durch mehr oder weniger bewußte Gedanken ein, die die Vp. während des Versuchs hatte. Oft wurde sich der Beobachter erst hinterher darüber klar, daß die Reaktion durch Prozesse gestört war, die im weiteren Feld des Bewußtseins vor sich gingen. Objektiv äußerten sich diese Störungen stets in einer verspäteten Registrierung. Auch vom Beobachter wurde diese Verzögerung der Reaktion deutlich empfunden. L sagte aus: »Der Bewegungsimpuls kann sich nicht so schnell Platz machen, wenn irgendein anderer Gedanke da ist, man merkt deutlich den Widerstand, den er findet«. Von der Mittelbildung wird man dagegen nicht ohne weiteres die Versuche ausschließen dürfen, wo die Registrierung von der Vp. selbst als vorzeitig oder nachzeitig empfunden wurde. Wenn auch im normalen Fall die Bewegung der Hand als gleichzeitig mit dem Durchgang erschien, so stellen ja gerade diese Differenzen charakteristische, im Wesen der Versuche liegende Abweichungen des Zeitbewußtseins dar, die eben zu einer verfrühten oder verspäteten Entwicklung des Impulses führen. Dabei ist es verhältnismäßig gleichgültig, ob diese Abweichungen von der Vp. erkannt wurden, oder sich der Wahrnehmung entzogen. Oft hatte der Beobachter schon während des Versuchs eine Vorstellung davon, ob die Bewegung der Hand vor oder nach dem Durchgang erfolgen würde; interessant aber ist es, wie er dann mitunter den Grund dafür nicht in sich, nämlich in den Schwankungen des Zeitbewußtseins, suchte, sondern vielmehr die Ursache in einer Geschwindigkeitsänderung des Sterns zu finden glaubte. Wenn er z. B. merkte, daß die Bewegung der Hand vor dem Durchgang erfolgte, so glaubte er, der Stern schwinge langsamer als sonst. Er meinte, die Reaktion würde gleichzeitig mit dem Durchgang stattgefunden haben, wenn der Stern so schnell wie gewöhnlich geschwungen wäre.

Für unsere weitere Aufgabe ist es nun von Wichtigkeit, festzustellen, ob diese antizipierende Einstellung schon durch das bloße

Bewußtsein der Möglichkeit des Reizausfalls und die Aufgabe, dann die Bewegung zurückzuhalten, eine Änderung erfuhr. Genau so wie bei der Reaktion auf den Eintritt eines isolierten Reizes Prüfungsreize, die von dem verabredeten Reiz schwer zu unterscheiden sind, mitunter die einfache Reaktion in eine Wahlreaktion verwandeln, so könnte ja an und für sich auch in diesen Versuchen die Eventualität der Hemmung eine andere Art der Einstellung hervorrufen. Demgegenüber sagten die Versuchspersonen mit Bestimmtheit aus, daß es ihnen vollkommen gelänge, von der Hemmungsmöglichkeit zu abstrahieren. Trug hierzu schon die zufällige Mischung der gehemmten und ungehemmten Versuche bei, sowie die Unmöglichkeit aus der technischen Vorbereitung auf das Verlöschen des Sterns zu schließen, so erwuchs vor allem aus dem Versuch selbst eine so starke Tendenz zur Antizipation des Durchgangs, daß alle ablenkenden Gedanken ganz natürlich zurückgedrängt wurden. Wenn einige Male bei sehr verspäteten Registrierungen der Beobachter aussagte: »ans Verlöschen« gedacht zu haben, so empfand er das stets als eine in inneren Störungen begründete Ausnahme.

Im Zusammenhang damit wäre noch daran zu denken, daß die Vp. auf die gegenseitige Untermischung der beiden Arten von Versuchen geachtet und deshalb jeweils bestimmte Erwartungen über ihren Verlauf gehegt habe. Wir wiesen ja bereits auf die Notwendigkeit hin, den Stern nicht zu oft hintereinander verlöschen zu lassen. Neben den verhältnismäßig zahlreichen Prüfungsversuchen, die innerhalb einer Reihe zur Schwellenbestimmung erforderlich waren, konnten auch nicht zu viel Normalversuche aufeinander folgen, wenn eine Ermüdung durch zu lange Reihen vermieden werden sollte. Daher war der zufällige Wechsel zwischen den beiden Arten von Versuchen insofern beschränkt, als im allgemeinen nie mehr als drei Versuche derselben Art aufeinander folgten. Es wäre dann möglich gewesen, daß der Beobachter hierauf aufmerksam geworden wäre und in jedem Versuch das Verlöschen des Sterns mit einer mehr oder weniger großen Wahrscheinlichkeit erwartet hätte. Würde diese Erwägung des wahrscheinlichen Verlöschens von Einfluß sein, so müßte dieser Einfluß zweifellos wachsen, je mehr ungehemmte Versuche aufeinander folgen, da ja dann eben bei der begrenzten Aufeinanderfolge die subjektive Wahrscheinlichkeit wächst, daß im nächsten Versuch

der Stern verlöschen wird. Die Abgabe des Impulses würde dann immer vorsichtiger, die Registrierung daher immer nachzeitiger werden, je weiter ein Prüfungsversuch zurückliegt. Verlöscht dagegen der Stern mehrere Male hintereinander, so nimmt die subjektive Wahrscheinlichkeit zu, daß er im nächsten Versuch durchschwingt; der Gedanke an die Möglichkeit der Hemmung müßte dann schwinden und zu einer früheren Abgabe des Impulses führen.

Um dies zu untersuchen, habe ich für jeden einzelnen Versuch einer Reihe die Differenz gebildet zwischen seiner Registrierung und dem arithmetischen Mittel der Registrierungen in der betr. Reihe. Sie ist negativ oder positiv, je nachdem die einzelne Registrierung früher oder später als das Mittel liegt. Ich habe dann jedes Mal die ersten, zweiten, dritten ungehemmten Versuche nach dem Verlöschen vereinigt, sowie die Versuche, die auf eine einmalige, zweimalige, dreimalige Hemmung folgten.

Übereinstimmend mit den Aussagen der Versuchspersonen, daß eine solche Beachtung der Reihenfolge des Versuchs tatsächlich nicht vorliegt, zeigt die Tabelle 1 an der geringen Größe der Werte Δ, daß die Mittelwerte $\mathfrak{A}$ der einzelnen Gruppen sehr nahe beieinander liegen. Es zeigt sich nicht, daß die Reaktion mit der wachsenden Entfernung von dem letzten Hemmungsversuch nachzeitiger und mit der zunehmenden Zahl der unmittelbar vorhergegangenen Hemmungen vorzeitiger würde. Im Gegenteil scheint gerade der umgekehrte Einfluß vorzuliegen, wie es am klarsten bei H hervortritt entsprechend der von den eigentlichen Reaktionen her bereits bekannten Verzögerung der folgenden Reaktion durch einen Prüfungsversuch[1]). Dieser hemmende Einfluß ist naturgemäß um so geringer, je weiter der Prüfungsversuch zurückliegt; er wächst, wenn der Reaktion mehrere Prüfungsversuche unmittelbar vorangegangen sind.

Es ist jedoch anzunehmen, daß es für diesen Einfluß nicht gleichgültig ist, ob die Hemmung gelang oder ob die Bewegung nicht zurückgehalten werden konnte. Wir wollen aber dieser Einwirkung der Hemmung auf den folgenden Versuch erst an späterer Stelle nachgehen. Vorläufig genügt uns die Feststellung, daß der Gedanke an die mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit des Verlöschens im nächsten Versuch jedenfalls keine nachweisbare Rolle spielte.

1) Vergl. z. B. Kästner und Wirth, Bestimmung der Aufmerksamkeitsverteilung. Psych. Studien III. Bd., S. 383.

Tabelle 1.

Einfluß der Aufeinanderfolge der gehemmten und ungehemmten Versuche auf die normale antizipierende Reaktion. (Die Zeiteinheit in dieser und in den folgenden Tabellen ist 1 σ.)

Vp.	Geschw.	Erste Reakt. n. d. Hemmung		Zweite Reakt. n. d. Hemmung		Dritte Reakt. n. d. Hemmung		Erste Reakt. nach einm. Hemmung		Erste Reakt. n. zweim. Hemmung		Erste Reakt. nach dreim. Hemmung	
		Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n
W	1,0″	− 4	94	+ 5	31	+ 2	13	− 1	49	− 7	30	− 4	15
	0,8″	+ 5	57	− 8	27	− 9	9	+ 3	19	+ 5	18	+ 5	20
	1,2″	− 5	25	+ 8	12	+ 17	4	+ 4	13	− 7	10	− 41	2
	1,7″	+ 3	40	− 3	22	− 10	6	+ 1	27	− 1	11	+ 50	2
		0	216	− 1	92	− 2	32	+ 1	108	− 3	69	+ 2	39
L	1,0″	+ 6	117	− 3	45	+ 2	19	+ 7	52	+ 2	38	+ 8	27
	0,8″	− 1	93	+ 8	38	− 14	12	+ 1	38	+ 3	27	− 9	28
	1,2″	+ 4	50	+ 1	22	+ 1	8	− 3	23	− 2	18	+ 30	9
	1,7″	− 1	94	− 2	49	+ 7	15	− 4	59	+ 2	25	+ 14	10
		+ 2	354	+ 1	154	0	54	+ 1	172	+ 1	108	+ 5	74
K	1,0″	0	114	+ 4	36	+ 1	12	+ 4	53	− 6	41	+ 4	20
	0,8″	− 1	80	− 1	32	+ 4	11	+ 1	27	+ 1	31	− 4	22
	1,2″	− 4	65	+ 11	29	+ 15	6	− 8	36	+ 4	19	− 6	10
	1,7″	+ 2	104	− 1	56	+ 1	21	0	62	+ 5	32	+ 8	10
		0	363	+ 2	153	+ 3	50	0	178	0	123	0	62
H	1,0″	+ 6	89	− 1	31	− 30	12	+ 2	40	+ 7	31	+ 15	18
	0,8″	+ 7	93	− 7	41	− 4	19	+ 5	34	+ 8	32	+ 8	27
	1,2″	0	92	− 3	42	− 3	11	− 2	53	− 1	28	+ 14	11
	1,7″	+ 2	95	− 8	48	− 13	13	− 3	54	+ 3	33	+ 33	8
		+ 4	369	− 5	162	− 12	55	0	181	+ 4	124	+ 14	64

Ein anschauliches Bild der Einstellung geben uns nun die Verteilungskurven, die ich nach dem von F. Günther [1]) angegebenen Verfahren abgeleitet habe. Ihr Bild ist nicht ganz so einheitlich wie bei den Kurven Günthers, die für die eigentliche Reaktion auf den vollendeten Durchgang hin entworfen worden sind. Bei der Reaktion auf die Wahrnehmung des Durchgangs knüpft sich die Auslösung

[1]) F. Günther, Reaktionsversuche bei Durchgangsbeobachtungen, in Wundt, Psychologische Studien Bd. VII Heft 4/5 S. 251 ff.

des Impulses an eine ganz bestimmte Sternstellung, und Prüfungsversuche führen diese richtige vom Sterndurchgang abhängige Reaktion herbei. Bei der antizipierenden Reaktion dagegen, wo die Vp. den Impuls so abzugeben hat, daß die Bewegung im Moment des Durchgangs erfolgt, tritt nicht eine bestimmte räumliche Stellung als Signal für die rechtzeitige Abgabe des Impulses heraus. Der Impuls und damit die Bewegung erfolgt vielmehr rein aus dem Zeitbewußtsein heraus, wobei der kritische Moment des Beginns, wie wir gesehen haben, sogar im unbeachteten Gebiet liegt. So ist von vornherein zu erwarten, daß die Verteilungskurven keinen so glatten Verlauf aufweisen, wie bei der Reaktion auf den Durchgang. Gleichwohl zeigten die Kurven neben mehreren Nebengipfeln einen deutlichen Hauptgipfel. Daß übrigens auch bei dieser antizipierenden Reaktionsform die Nebengipfel vollkommen wegfallen können, zeigt die Kurve I in Fig. 2, die stetig zum Hauptgipfel ansteigt, um ebenso gleichmäßig abzufallen. Den meisten Kurven aber liegt eine gewisse Normalform zugrunde, für die II in Fig. 2 ein typisches Beispiel gibt. Hierin

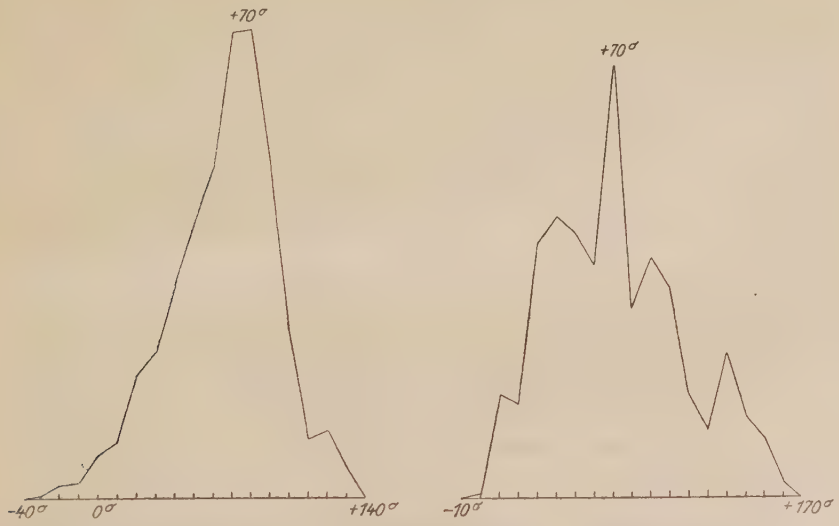


Fig. 3. Verteilungskurve der normalen Reaktionen. Geschwindigkeit: 1,7″
I: Vp. K. II: Vp. W.

gehen dem Hauptgipfel zwei deutliche Gipfel voran und zwei folgen ihm nach. Auch die anderen Kurven näherten sich dieser Form mehr oder weniger deutlich. Gleichwohl wird man bei der Beurtei-

lung von Verteilungskurven solchen Einzelheiten nur mit Vorsicht eine typische Bedeutung zusprechen. Man wird sie so lange als zufällig ansehen, so lange nicht auch psychologische Gründe auf ihren allgemeinen Charakter hinweisen.

Arithmetisch ist der K. G. der Registrierungen durch die Hauptwerte des arithmetischen Mittels und mittleren Fehlers charakterisiert. Die Registrierung gibt uns die Differenz zwischen Sterndurchgang und Bewegung der Hand. In der Größe dieser Differenz liegt ein Maß für die Genauigkeit der antizipierenden Auslösung von Bewegungsimpulsen. Die arithmetischen Mittel für die einzelnen Reihen schwanken nun zwischen — 90 σ (vor dem Durchgang) und + 84 σ (nach dem Durchgang); die zugehörigen mittleren Fehler von 20 σ bis 75 σ. Bildet man innerhalb einer Geschwindigkeit aus den Reihenmitteln den Durchschnitt, so schwankt dieser sogar nur von — 59 σ bis + 65 σ, und die zugehörigen Streuungsmaße des mittleren Fehlers nur von 25 σ bis 52 σ. Die arithmetischen Mittelwerte liegen also stets um bedeutend weniger als eine Reaktionszeit von dem objektiven Durchgang entfernt. Um eine Vorstellung von der Größe der Schwankung zu gewinnen, sei zum Vergleich darauf hingewiesen, daß bei den Güntherschen Reaktionen auf den Eintritt des Durchgangs die Mittelwerte aus den einzelnen Geschwindigkeiten für die Reaktionszeiten von 157 σ bis 314 σ und für die mittleren Fehler von 22 σ bis 60 σ variieren. Auf den Einfluß, den die verschiedene Geschwindigkeit des Sterns auf die Größe dieser Werte ausübt, wollen wir erst später im Zusammenhang eingehen.

2. Die Hemmung der vorbereiteten Willenshandlung.

Die antizipierend ausgelöste Willenshandlung sollte, wie gesagt, nur stattfinden, wenn der Stern sich wirklich dem Faden hinreichend genähert hatte. Beim Wegfall dieser Annäherung durch völliges Verschwinden des Sterns verschwand also auch das verabredete Motiv für die Registrierbewegung. Da sich nun bei jeder einzelnen Willenshandlung der Willensimpuls, der für eine bestimmte objektive Sachlage verabredet ist, jedesmal völlig neu aus dem Zustande der Ruhe herausentwickelt, so müßte sich jedenfalls eine Zeitschwelle ableiten lassen, bis zu der die Erzeugung der klaren und sicheren Vorausicht eines Ausbleibens des verabredeten Motivs das einfache Unter-

bleiben der Willenshandlung bewirkt, ähnlich, als ob sie überhaupt nicht verabredet worden wäre. In der Tat ließ sich auch bei unseren Versuchen beobachten, daß sich beim Verlöschen des Sterns in hinreichend großem Abstande vom Faden einfach das in einem gewissen konstanten Druck des Fingers auf den Reaktionstaster bestehende Stadium der Bewegungsruhe, das für die beiden vorbereitenden Schwingungen des Sterns verabredet war, bis zum Schluß dieses Versuches beibehalten ließ. Dies war besonders klar, wenn man den Stern schon im Umkehrpunkte am Beginn der dritten (halben) Schwingung oder gar noch vorher verlöschen ließ. In diesen Zeitpunkten war also der Willensimpuls zur tatsächlichen Ausführung der Registrierbewegung sicher noch nicht erfolgt, sondern es waren, wie schon erwähnt, höchstens qualitativ verwandte Bewegungstendenzen im Ganzen des rhythmischen Verlaufs der Vorbereitung enthalten. Dagegen ist nun derjenige Zeitabstand des Verlöschens vom Durchgang, bei dem die Bewegung eben noch zurückgehalten werden kann, etwas kürzer. Denn auch nach dem eben erwähnten Stadium, in welchem man beim Verschwinden des Sterns das Gefühl hat, daß man gewissermaßen »noch gar nicht an den Impuls dachte«, gelingt eine positive Hemmung des bereits anschwellenden Impulses. Die Hemmung der Bewegung ist aber in diesem zweiten Stadium nur durch eine besondere antagonistische Willenshandlung möglich, für die das Verschwinden des Sterns ebenso das verabredete Motiv bildet, wie seine Annäherung an den Faden für die Registrierbewegung. Wenn wir also die relative Häufigkeit der gelungenen Hemmung in der Abhängigkeit von ihrem Zeitabstand vom Durchgang ableiten und daraus Mittelwerte einer »Schwelle der Hemmungsmöglichkeit« berechnen, so liegt dieses Stadium des Anschwellens eines, durch die Erkennung des Gegenmotivs noch unterdrückbaren Impulses bereits vor dieser Zeitschwelle. Wir werden aber im folgenden sehen, daß der Verlauf derjenigen Versuche, in denen der Stern in der Nähe dieser Grenze verlöschte und daher eine Hemmung überhaupt nicht oder nicht vollständig gelang, auch noch Rückschlüsse auf diesen Antagonismus zwischen Haupt- und Gegenimpuls in dem kritischen Stadium vor der endgültigen Zeitschwelle der Hemmungsmöglichkeit zuläßt.

In den Hemmungsversuchen wurde die einzelne Zeitstufe möglichst gewechselt, um schon innerhalb einer einzelnen Reihe einen

Einblick in die Änderungen der Schwelle zu gewinnen, im besonderen die den Werten 0 und 1 der relativen Häufigkeit entsprechenden extremen Zeitabstände vom Durchgang zu erhalten. Ein gleichmäßiger Verlauf der genannten Abhängigkeitskurve in allen Versuchen ist natürlich erst dann zu erwarten, wenn die Zahl der Fälle, in denen der Stern an einer bestimmten Stelle verlöschte, nicht zu gering ist. Tabelle 2 gibt eine vollständige Übersicht über die Abszissen und Ordinaten, aus denen die »Schwellenkurven« der Hemmungsmöglichkeit zu bilden sind. In der Tat steigt dann, wenn man alle Versuche einer Geschwindigkeit für eine Vp. vereinigt, im allgemeinen die relativ eHäufigkeit gleichmäßig von 0 auf 1, (z. B. I in Fig. 3). Gelegentlich treten sogenannte »Verkehrtheiten« auf, indem die Kurve zeitweilig wieder sinkt. (II in Fig. 3) dies deutet darauf hin, daß die Bedingungen nicht für alle Entfernungsstufen des Verlöschens die nämlichen waren, ohne daß aber deshalb die Mittelwerte aus allen Stufen ihre Allgemeinheit einzubüßen brauchen.

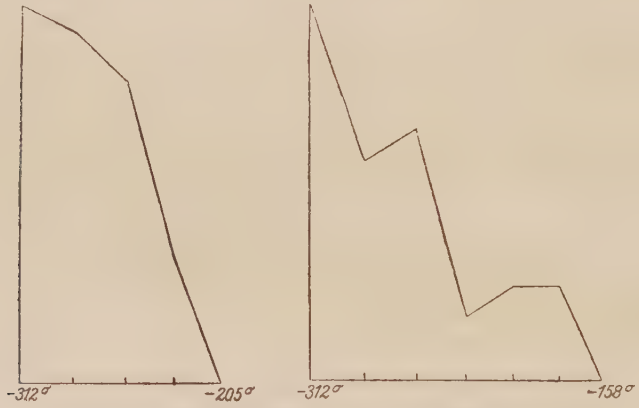


Fig. 3. Hemmungskurven. Geschwindigkeit: 1,2″.
I: Vp. K. II: Vp. L.

Man könnte nun daran denken, aus den so gewonnenen Summenkurven die Differenzenkurven abzuleiten. Diese würden dann den K. G. der Schwelle der Hemmung unmittelbar wiederspiegeln und einen anschaulichen Vergleich mit den Kurven des K. G. der Registrierungen für die ungehemmten Versuche ermöglichen. Eine allzu große Bedeutung wäre aber einem solchen Vergleich wohl kaum zuzumessen, da die beiden Kurven ein ganz verschiedenes Gewicht haben würden. Denn

Tabelle 2.
Die Schwellenkurven der Hemmungsmöglichkeit.

Vp.	Geschw.	Reduktions-verhältnis	Die Abszissen und zugehörigen Ordinaten
W	1,0″	100 : 24	$x =$ — 459 409 368 331 297 266 236 207 $y =$ 100 96 96 83 63 47 25 0
	0,8″	100 : 17	$x =$ — 236 211 186 162 138 114 $y =$ 100 71 53 24 6 0
	1,2″	100 : 6	$x =$ — 312 283 256 230 205 181 $y =$ 100 83 33 50 33 17
	1,7″	100 : 11	$x =$ — 224 205 186 168 149 131 $y =$ 100 73 36 9 9 0
L	1,0″	100 : 31	$x =$ — 409 368 331 297 266 236 207 179 $y =$ 100 97 81 74 65 26 10 6 $x =$ — 152 $y =$ 0
	0,8″	100 : 24	$x =$ — 324 292 263 236 211 186 $y =$ 100 83 63 58 13 0
	1,2″	100 : 12	$x =$ — 312 283 256 230 205 181 158 $y =$ 100 58 67 17 25 25 0
	1,7″	100 : 21	$x =$ — 379 356 333 310 288 266 245 224 $y =$ 100 95 95 81 67 67 38 24 $x =$ — 205 186 168 149 131 $y =$ 29 5 10 5 0
K	1,0″	100 : 30	$x =$ — 368 331 297 266 236 207 179 152 $y =$ 100 97 87 97 70 63 43 7 $x =$ — 125 $y =$ 0
	0,8″	100 : 22	$x =$ — 292 263 236 211 186 162 138 114 $y =$ 100 91 86 64 55 24 27 5 $x =$ — 91 $y =$ 0
	1,2″	100 : 15	$x =$ — 312 283 256 230 205 $y =$ 100 93 80 33 0
	1,7″	100 : 15	$x =$ — 245 224 205 186 168 149 131 113 $y =$ 100 97 94 92 88 52 9 3 $x =$ — 94 $y =$ 0
H	1,0″	100 : 22	$x =$ — 297 266 236 207 179 152 125 $y =$ 100 77 59 36 32 5 0
	0,8″	100 : 24	$x =$ — 292 263 236 211 186 162 138 $y =$ 100 92 88 63 33 25 0
	1,2″	100 : 21	$x =$ — 380 344 312 283 256 230 205 181 $y =$ 100 95 71 62 33 38 14 5 $x =$ — 158 $y =$ 0
	1,7″	100 : 30	$x =$ — 266 245 224 205 186 168 149 131 $y =$ 100 96 79 58 42 15 4 0

während hierdie Summenkurve des K. G. beobachtet worden ist, ist im ersten Fall der K. G. unmittelbar gewonnen worden. Dann entspricht die Zahl der Darbietungen einer Stelle des Verlöschens der Zahl der dem ersten, unmittelbar beobachteten, K. G. zugrunde liegenden Versuche. Diese Darbietungszahl ist aber immer im Vergleich mit der Zahl der ungehemmten Versuche so gering, daß die Ungenauigkeiten, die bei der Interpolation der Summenkurve unvermeidlich sind, sich bei dieser Darstellung ungebührlich vergrößern würden. Wir beschränken uns also bei der Charakterisierung dieses K. G. auf die Hauptwerte.

Die arithmetischen Mittel der Schwellen innerhalb der einzelnen Reihen variieren zwischen einer Zeit von 333 σ bis zu 127 σ vor dem Durchgang, die mittleren Fehler der einzelnen Reihe von 6 σ bis zu 80 σ. Leitet man dagegen für jede Vp. aus den Versuchen ein und derselben Geschwindigkeit Hauptkurven für die Schwelle ab, so sind die Schwankungen naturgemäß geringer. Es variiert dann das arithmetische Mittel von 280 σ bis 152 σ vor dem Durchgang und der mittlere Fehler von 20 σ bis 57 σ.

Wie nun vorhin bei der Abtrennung des Vorstadiums vor der Zeitschwelle der Hemmungsmöglichkeit erwähnt wurde, stellte sich bei der Abstufung der Zeitlage des Verlöschens sofort heraus, daß die Hemmung in verschiedenen Zeitabständen vom Durchgang mit einem ganz verschiedenen Grade der Schwierigkeit gelang. So sagt K. aus: »Leicht zurückgehalten, der Finger blieb ganz automatisch liegen, ohne daß ich meinen Willen einsetzte, verstärkter Druck auf den Taster«. Der Stern verschwand in diesem Versuche noch vor dem oberen Extrem der Summenkurve der betreffenden Reihe. Erfolgte die Hemmung an Stellen, die dem Schwankungsbereich der Schwelle in der betreffenden Reihe angehörten, so wuchs die Schwierigkeit, die Bewegung zurückzuhalten; der Druck auf den Taster verstärkte sich dann oft ruckartig. Dann gab es oft Aussagen von der Art: »Nahe an der Grenze«, oder »das war aber sicher die Grenze«. In solchen Versuchen spürte die Vp. ein mehr oder weniger starkes Zucken. Dieses Zucken konnte ganz verschieden im Körper lokalisiert sein. Man spürte es im ganzen Oberkörper, in den Muskeln des Oberarms oder Unterarms, am meisten jedoch im Finger. In einem Fall gab die Vp. an, ein Zucken zu empfinden, wie wenn ein elektrischer Strom durch den Finger

ginge. Ferner gab es Versuche, in denen die Vp. selbst nicht genau wußte, ob sie losgelassen hatte, oder solche, wo sie zwar losließ, aber sofort wieder niederdrückte. Aber auch, wenn der Reagent deutlich losließ, konnte die Bewegung stark gehemmt sein und mitunter außerordentlich verspätet erfolgen.

Aus all diesen Übergangsformen, ebenso wie aus entsprechenden Aussagen der Beobachter, geht deutlich hervor, daß man das Zurückhalten nicht etwa ganz allgemein rein negativ als ein Nicht-Ausführen der verabredeten Reaktionsbewegung aufzufassen hat. Als ein solches erschien es eben höchstens dann, wenn noch keinerlei motorische Spannung in der verabredeten Richtung vorhanden war. War dagegen dieses letztere Stadium einmal erreicht, so enthielt das Zurückhalten zugleich eine neue aktive Gegenhandlung, die darauf gerichtet war, die angebahnte Innervation des bewegenden Organs aufzuheben. Das Verlöschen bildete sozusagen den Reiz für einen neuen Reaktionsimpuls. Die verschiedenen Stufen der Schwierigkeit des Zurückhaltens und mannigfachen, von uns vorläufig nur in der Selbstbeobachtung verfolgten, Formen des Zuckens erklären sich dann aus dem verschiedenen Grade, bis zu dem die motorische Bereitschaft angewachsen war, als der Gegenimpuls einsetzte. Daß sich das Ausbleiben der Bewegung in der Nähe der gesuchten Zeitschwelle als Erfolg einer gegen die primäre Tendenz gerichteten Reaktionshandlung auf das Verlöschen hin auffassen läßt, lehrt auch eine Betrachtung der Versuche, in denen sich das Zucken durch ein Unterbrechen und unmittelbar folgendes Schließen des Tasterstroms markiert hat.

In Tabelle 3 stehen unter A_J die mittleren Schwellen der Hemmungsmöglichkeit für jene Reihe, der der betreffende Versuch entnommen ist, unter A_R die arithmetischen Mittel der Registrierungen der betreffenden Reihe. H gibt die Stelle an, wo der Stern verlöschte, R_1 den Zeitpunkt des Loslassens, R_2 den des Wiederniederdrückens.

In all den Versuchen, in denen ein Zucken erfolgte, verlöschte der Stern, wie auch aus der geringen Differenz der Zahlen der ersten und dritten Spalte erkenntlich ist, stets innerhalb des Schwankungsbereichs der Schwelle in der betreffenden Reihe. Bildet man den Durchschnitt aus den einzelnen Spalten der Tabelle, so zeigt sich, daß der mittlere Zeitpunkt der Stellen des Ver-

löschens — 184σ, bei denen ein Zucken erfolgte, sehr nahe mit dem Durchschnitt — 189σ aus den arithmetischen Mitteln der Schwelle der entsprechenden Reihen zusammenfällt. Ferner zeigt sich, daß der mittlere Abstand des Loslassens beim Doppelschlag vom Durchgang $+ 23\sigma$ ebenfalls nahe mit dem mittleren Zeitfehler der normalen Registrierungen der nämlichen Reihen, $+ 27\sigma$, übereinstimmt. Von den beiden gegensätzlichen Registrierungen in diesen Versuchen erscheint daher die erste als eine bezüglich des Zeitpunktes ihrer Auslösung relativ ungestörte Durchführung des Registrierimpulses, während, wie wir später sehen werden,

Tabelle 3.

Versuche, in denen trotz Verlöschen des Sterns reagiert, der Taster aber sofort wieder niedergedrückt wurde.

A_J	A_R	H	R_1	R_2
— 194	— 1	— 152	— 21	+ 58
— 194	— 1	— 179	+ 15	+ 94
— 175	— 1	— 207	+ 78	+ 122
— 233	+ 17	— 236	— 36	+ 28
— 193	+ 5	— 266	— 83	— 7
— 180	+ 31	— 152	+ 31	+ 92
— 127	+ 45	— 162	+ 17	+ 228
— 127	+ 45	— 162	— 1	+ 18
— 225	— 25	— 211	— 66	+ 44
— 252	+ 11	— 256	— 1	+ 195
— 243	+ 29	— 181	+ 34	+ 99
— 243	+ 29	— 205	+ 108	+ 189
— 178	+ 70	— 168	+ 58	+ 77
— 163	+ 58	— 113	+ 69	+ 163
— 147	+ 84	— 149	+ 145	+ 228
— 147	+ 54	— 149	+ 18	+ 136
— 189	+ 27	— 184	+ 23	+ 110

das Verlöschen des Sterns in späteren Zeitpunkten, wo die Bewegung nicht mehr, wie hier, gleichsam wieder rückgängig gemacht wurde, eine größere zeitliche Verschiebung der Registrierbewegung im Vergleich zur normalen herbeiführen konnte. Die Differenz zwischen der ersten Registrierung und der zweiten, wo der Beobachter unwillkürlich wieder niedergedrückt hatte, ist in zwei Fällen besonders

klein, nämlich 21σ und 19σ. In diesen beiden Versuchen wußte die Vp. selbst nicht, ob sie zurückgehalten hatte. Das Niederdrücken erfolgte im Mittel 294σ nach dem Verlöschen. Diese Zahl stellt dann eine Art Reaktionszeit auf das Verlöschen dar, wobei in ihr eine bestimmte Reproduktionszeit enthalten ist, weil der Beobachter vorher nicht an das betreffende Reizmotiv, nämlich das Verlöschen, gedacht hatte. Diese Zeit ist auch deswegen besonders lang, weil die Gegenbewegung an dem Schwellenpunkt den Widerstand der eigentlichen Bewegung vorfand.

Diese Versuche stellen also einen Grenzfall zwischen gelungener und nicht gelungener Hemmung dar; der Stern verlöschte bei ihnen in der Nähe der Schwelle zwischen der Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit, die Reaktionsbewegung zurückzuhalten. Die beiden Motive der Bewegung und der Hemmung standen sich also annähernd gleich stark gegenüber. Dagegen erfolgte das Wiederniederdrücken des Tasters nicht mehr, wenn das Motiv der Bewegung deutlich das stärkere war. Entsprechend diesen motorischen Übergangsformen stellte sich nun auch eine verschiedene gefühlsmäßige Einwirkung der Hemmung heraus.

Gelang es dem Beobachter leicht, die Bewegung zurückzuhalten, so empfand er ein klares Gefühl der Befriedigung. Dieses schwand jedoch mit zunehmender Schwierigkeit des Zurückhaltens, um allmählich in ein schwaches, dann aber immer deutlicheres Gefühl der Unlust überzugehen, je weiter die Innervation bereits gediehen war, die der Gegenimpuls aufzuheben hatte. Dieses Gefühl der Unlust war am stärksten in den Versuchen, wo das Zucken auf die gleiche Stärke der beiden gegensätzlichen Motive hinwies. Es war dann oft verbunden mit Schreck und mitunter von einer Hemmung der Atembewegung begleitet. Mehrfach äußerten die Versuchspersonen, daß die Hemmung in diesem kritischen Stadium äußerst unangenehm sei. Während des Versuchs kam ihre Unlust oft in unwillkürlichen Seufzern und Ausrufen des Unwillens zum Ausdruck. In dieses Gefühl der Unlust mischte sich ein gewisses Gefühl der Beruhigung, wenn man zwar das Motiv der Hemmung noch deutlich spürte, wenn es jedoch die Bewegung höchstens noch verzögern konnte, sie aber nicht mehr aufhalten. Erfolgte dagegen trotz des Verlöschens die Bewegung in voller Stärke, so spürte man keine Än-

derung in der Gefühlslage mehr. Wenn hier der Beobachter merkte, daß der Stern verlöscht war, wurde es ihm auch sofort klar, daß es vollkommen unmöglich war, die Bewegung aufzuhalten, so daß sich das Motiv der Hemmung überhaupt nicht entwickelte. Eine starke gefühlsmäßige Einwirkung ging also vor allem dann vom Verlöschen aus, wenn ein deutlicher Widerstreit der gegensätzlichen Motive stattfand.

Aber auch ohne diesen Kampf der Motive ließ sich mitunter ein solcher Einfluß des Verlöschens feststellen und zwar ebenfalls vor allem im Gebiet der Schwelle. In solchen Versuchen war sich der Beobachter darüber klar, nicht trotz des Verlöschens reagiert zu haben, sondern vielmehr gerade wegen des Verlöschens. Besonders im Anfang der Versuche nnd später bei schlechter Disposition ging nämlich ganz allgemein vom Verlöschen eine Schreckwirkung aus, und dieser Schreck rief dann mitunter eine sog. »Tuschzuckung« hervor. Dieses Schreckgefühl, das durch das Verschwinden des Reizobjekts ausgelöst wurde, beschränkte sich im allgemeinen eben auf die Versuche, in denen die motorische Vorbereitung bereits sehr weit gediehen war. Die Vp. glaubte jedoch im allgemeinen Fall, daß nicht das Verlöschen selbst an der Auslösung des Impulses schuld sei.

Da nun aber die subjektive Beobachtung nicht ausreicht, um festzustellen, inwieweit der Ablauf der Bewegung durch das Verlöschen des Sterns eine Änderung erfährt, habe ich alle die Versuche zu einem besonderen K. G. vereinigt, in denen der Stern verlöschte, aber gleichwohl die Reaktionsbewegung erfolgte. Ich bildete für solche Versuche zunächst innerhalb einer jeden Reihe und dann für alle Versuche einer Geschwindigkeit das arithmetische Mittel A_{FR} und den mittleren Fehler M_{FR} (Tabelle 4). Die Einflüsse, die vom Verlöschen ausgehen, ergeben sich dann durch einen Vergleich mit den ungestörten Versuchen, deren Mittelwerte in Tabelle 1 unter A_R, M_R angegeben sind. (In Tab. 4 stehen in der ersten Zeile jeder Horizontalspalte die Durchschnitte aus den Hauptwerten der einzelnen Reihen, in der zweiten die Hauptwerte sämtlicher, zu einem einheitlichen K. G. vereinigten, Versuche der betr. Geschwindigkeit.)

Daß überhaupt durch das Verlöschen des Sterns neue Bedingungen in den Ablauf der Handlung eintreten, erkennt man zunächst ganz allgemein daraus, daß für die einzelnen Geschwindigkeiten M_{FR} meist

Tabelle 4.
Zusammenstellung der Mittelwerte.

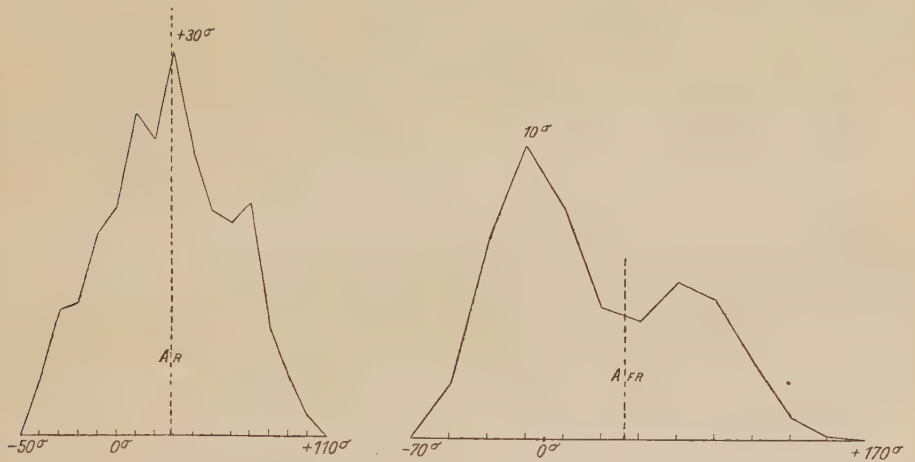
Geschwindigkeit	Vp.	A_R	M_R	n	A_{FR}	M_{FR}	n	A_J	M_J	n	$A_R - A_J$
1,0″	*W*	— 10	44	149	— 31	46	85	— 281	40	148	271
		— 10	52	149	— 36	56	85	— 281	53	148	271
	L	— 16	48	200	— 30	49	129	— 264	44	240	248
		— 16	51	200	— 33	59	129	— 264	55	240	248
	K	+ 3	40	176	— 20	31	72	— 201	40	216	204
		+ 3	44	176	— 19	44	72	— 201	55	216	204
	H	— 18	52	142	— 25	49	75	— 220	42	168	202
		— 18	55	142	— 24	59	75	— 220	48	168	202
	D	— 10	46	667	— 27	44	361	— 242	42	772	231
	KG	— 10	51	667	— 28	55	361	— 242	53	772	231
0,8″	*W*	+ 24	34	105	+ 19	29	37	— 189	28	120	213
		+ 24	36	105	+ 22	35	37	— 189	34	120	213
	L	— 22	40	162	— 24	59	98	— 247	29	192	225
		— 22	44	162	— 25	71	98	— 247	37	192	225
	K	+ 3	31	137	— 19	26	71	— 187	32	168	190
		+ 3	44	137	— 23	47	71	— 187	52	168	189
	H	— 30	44	171	— 41	45	88	— 199	30	192	169
		— 29	46	171	— 43	47	88	— 199	40	192	170
	D	— 6	37	575	— 16	40	294	— 206	30	672	200
	KG	— 6	42	575	— 18	50	294	— 205	41	672	199
1,2″	*W*	+ 32	38	46	+ 37	49	18	— 241	45	48	273
		+ 32	41	46	+ 33	57	18	— 241	45	48	273
	L	+ 50	31	90	+ 73	51	41	— 245	47	96	295
		+ 51	33	90	+ 73	56	41	— 245	52	96	296
	K	+ 29	29	116	+ 39	59	61	— 242	15	120	271
		+ 29	33	116	+ 42	77	61	— 242	20	120	271
	H	— 59	39	161	— 65	46	83	— 267	46	168	208
		— 58	45	161	— 66	52	83	— 267	56	168	209
	D	+ 14	34	413	+ 21	51	203	— 249	38	432	263
	KG	+ 14	38	413	+ 23	61	203	— 249	43	432	263
1,7″	*W*	+ 63	42	76	+ 66	49	27	— 189	16	72	252
		+ 63	43	76	+ 61	55	27	— 189	25	72	252
	L	+ 8	33	173	— 5	36	64	— 255	37	168	263
		+ 8	51	173	— 2	51	64	— 255	57	168	263
	K	+ 65	25	201	+ 83	70	75	— 152	19	192	217
		+ 65	26	201	+ 83	75	75	— 152	21	192	217
	H	— 6	45	173	— 15	46	67	— 197	27	168	193
		— 6	47	173	— 14	51	67	— 197	27	168	193
	D	+ 33	36	623	+ 32	50	233	— 199	25	600	232
	KG	+ 33	42	623	+ 32	58	233	— 199	33	600	232

deutlich größer, niemals aber kleiner ist als M_R, der mittlere Fehler der ungestörten Reaktionen. Die Einheitlichkeit des zweiten K. G. ist eben geringer, als die des ersten, wo die Versuche vereinigt sind, in denen der Stern nicht verlöschte. Ferner zeigt sich, daß in einzelnen Geschwindigkeiten das Mittel A_{FR} dem Mittel A_R der normalen Reaktionen deutlich vorangeht. Die Erklärung hierfür ergibt sich eben aus der Schreckwirkung, die vom Verlöschen ausgehen kann. Es ist ja auch sonst bekannt, daß Tuschreize imstande sind, gebahnte Innervationen unwillkürlich auszulösen oder zu steigern. So fand z. B. Hofbauer[1]), daß ein Muskel unter dem Einfluß einer Tuschwirkung in bestimmten Zeitlagen des Reizes bedeutend mehr zu leisten vermag, als infolge einer maximalen Willensanstrengung. Seine Versuchspersonen hatten mit den Fingermuskeln ein Gewicht nach dem Takte eines Metronoms möglichst hoch zu heben. Die Hubhöhe steigerte sich dann beträchtlich unter der Einwirkung eines Schusses. Es zeigte sich ferner, daß sich infolge des Schusses der Zeitpunkt der Bewegung verschob. Ebenso kann sich nun in unseren Versuchen infolge des Schrecks über das plötzliche Verlöschen der Impuls früher auslösen als er es beim ungestörten Versuch getan hätte; oder hat er bereits eingesetzt, als der Stern verlöschte, so kann noch eine nachträgliche Steigerung der Innervation eintreten. Beides führt dazu, daß die Bewegung der Hand früher erfolgt, als im normalen Fall. Wir sahen, wie in besonderen Fällen diese Wirkung des Schrecks auch dem Beobachter selbst zum Bewußtsein kommt. Bei anderen Geschwindigkeiten liegt das Mittel A_{FR} deutlich später als $\mathfrak{A}_R$. Dies zeigt, wie die normale hemmende Wirkung, die vom Verlöschen ausgeht, auch da, wo sie nicht imstande ist, die Bewegung völlig zurückzuhalten, sie in ihrem Ablauf wenigstens deutlich zu verzögern vermag, ohne daß dies dem Beobachter selbst bewußt zu werden brauchte.

Selbstverständlich ist nicht ausgeschlossen, daß bei einer Geschwindigkeit beide Wirkungen nebeneinander bestehen können. Aus der Verschiebung des arithmetischen Mittels $\mathfrak{A}_{FR}$ gegen das Mittel $\mathfrak{A}_R$ geht nur hervor, welche der beiden Wirkungen die stärkste war. Das zeigte sich auch an einem Vergleich der Verteilungskurven

[1]) Hofbauer, Interferenz zwischen verschiedenen Impulsen im Zentralnervensystem. Pflügers Archiv Bd. 68, S. 546 ff. (1897.)

dieses K. G. mit den entsprechenden Kurven der ungestörten Versuche. Es können sowohl die Gipfel der Anstiegsseite als auch die der abfallenden Hälfte in ein und derselben Kurve stärker betont sein, als in der zugehörigen Kurve der ungehemmten Versuche. Ein Beispiel hierfür gibt uns Fig. 4. Das arithmetische Mittel A_{FR} liegt hier um 13σ später als $\mathfrak{A}_R$; gleichwohl liegt der Hauptgipfel um 40σ früher als bei der Vergleichskurve.



Figur 4. Verteilungskurven von Vp. K. Geschwindigkeit: 1,2″.
I: Normale, antizipierende Reaktionen. II: Reaktionen, die trotz Verlöschens des Sterns geschahen.

Suchten wir auf diese Weise den Einwirkungen nachzugehen, die das Verlöschen des Sterns vor dem Durchgang auf die bereits angebahnte Registrierbewegung ausübt, so erhebt sich jetzt die Frage, ob der Ausfall des Reizobjekts auch noch für die folgenden Versuche von Bedeutung ist. Es stellte sich nun sofort heraus, daß es für die Richtung dieser Einwirkung einen wesentlichen Unterschied bedeutete, ob im vorhergehenden Versuch die Hemmung Erfolg gehabt hatte, oder ob sie nicht gelungen war. Ich habe für die einzelnen Versuche die Differenz zwischen ihrer Registrierung und dem arithmetischen Mittel der Registrierungen in der betreffenden Reihe gebildet. In Tabelle 5 stehen unter Δ die arithmetischen Mittel dieser Differenzen. Darauf habe ich diejenigen ungestörten Reaktionen zusammengeschlossen, wo es der Vp. im vorhergehenden Versuch gelungen war, die Bewegung zurückzuhalten und die, wo ihr die Unterdrückung der Bewegung nicht geglückt war. In Tabelle 5 be-

deutet *g* eine gelungene, *n* eine nicht gelungene Hemmung. Bildet man dann für jeden Beobachter innerhalb einer Geschwindigkeit das arithmetische Mittel aus diesen Differenzen, so zeigt sich, daß sich für L die Reaktion verzögert, wenn er im vorhergehenden Versuch die Bewegung nicht zurückgehalten hatte, daß sie vorzeitiger wird, wenn ihm die Hemmung gelungen war. L konnte sich im Verlauf der Versuche nie ganz von dem Gedanken frei machen, in dem Nicht-Zurückhalten beim Verlöschen des Sterns einen Fehler der Einstellung zu erblicken, wie er es bei der eigentlichen Reaktion sein würde, wo der Reizausfall eine Kontrolle für die richtige Einstellung darstellt. Er wird also zu einer vorsichtigeren Abgabe des Impulses geführt, wenn ihm die Hemmung nicht gelungen war. Dagegen zeigt sich bei allen anderen Versuchspersonen übereinstimmend bei allen Geschwindigkeiten, daß die Reaktion nach geglückter Hemmung verzögert, nach erfolgloser Hemmung verfrüht ist. Dieser Einfluß wird noch deutlicher, wenn man noch enger zusammengehörige Versuche auch bei der Mittelbildung vereinigt, d. h. zunächst einen Unterschied macht, ob der Stern ein-, zwei- oder dreimal vor dem betreffenden Versuche verlöschte und nun innerhalb dieser Fälle wieder die verschiedenen Möglichkeiten unterscheidet. Die Tabelle zeigt dann, wie im allgemeinen dieser Einfluß wächst, wenn zwei Versuche derselben Art vorhergehen, d. h. wenn in beiden, der ungestörten Reaktion vorangehenden Versuchen eine Hemmung Erfolg hatte oder beide Male unmöglich war. Bei zwei vorhergehenden Versuchen verschiedener Art hat dagegen meist der unmittelbar vorhergehende einen größeren Einfluß auf die folgende Reaktion. Der Unterschied zwischen den Reaktionen nach zweimaligem Zurückhalten und zweimaligem Nicht-Zurückhalten ist ziemlich bedeutend, er beträgt bis 40σ für die Mittelwerte aus den einzelnen Geschwindigkeiten.

So ergibt sich, daß der Widerstreit der beiden gegensätzlichen Motive, der Bewegung und der Hemmung, seine Einwirkung auch auf den nächsten Versuch ausdehnt. Die Art dieses Einflusses aber entspricht dem von Wundt aufgestellten Gesetz der »regressiven Entwicklung von Willenshandlungen«. Wundt[1]) sagt: »Sobald sich zusammengesetzte Willensvorgänge von übereinstimmendem Motiv-

[1]) Wundt, Grundriß der Psychologie 8. Aufl. S. 230.

inhalt häufiger wiederholen, erleichtert sich der Kampf der Motive: die in den früheren Fällen unterlegenen Motive treten bei den neuen Anlässen zunächst schwächer auf und verschwinden zuletzt völlig.« Genau das Entsprechende zeigt aber sich in unserem Fall: Gelang die Hemmung, so erfolgte die nächste Reaktion später als sonst, der Wille zur Tat war also schwächer, als gewöhnlich. Erfolgte dagegen die Bewegung trotz der Hemmung, so wurde die nächste Reaktion besonders früh, das zur Handlung drängende Motiv war stärker als sonst. Es trat demnach jedesmal dasjenige Motiv im nächsten Versuche schwächer auf, das in dem vom Verlöschen ausgelösten Widerstreit der Motive unterlag.

Tabelle 5.

Einfluß der gelungenen und nicht gelungenen Hemmung auf die folgende normale Reaktion.

Vp.	Geschw.	Allgemein		n. einm. Hemmung		nach zweimaliger Hemmung			
		g	*n*	*g*	*n*	*gg*	*ng*	*gn*	*nn*
		Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*	Δ *n*
W	1,0″	+ 8 43	− 13 50	+ 15 21	− 13 28	+ 30 4	− 15 7	− 10 7	− 15 12
	0,8″	+ 10 40	− 9 17	+ 10 12	− 9 7	+ 12 10	+ 11 4	− 17 4	— —
	1,2″	+ 15 14	− 29 11	+ 9 10	− 16 3	+ 29 4	— —	— —	− 32 6
	1,7″	+ 12 22	− 9 18	+ 7 14	− 7 13	− 15 2	+ 21 5	+ 1 2	− 90 1
		+ 10 119	− 14 96	+ 11 57	− 11 51	+ 17 20	+ 3 16	− 10 13	− 24 19
L	1,0″	− 2 57	+ 14 59	− 15 20	+ 21 32	− 19 3	− 1 13	+ 11 12	+ 2 10
	0,8″	+ 1 48	− 4 45	+ 8 20	− 5 18	− 14 3	− 2 6	+ 5 9	+ 9 9
	1,2″	− 1 30	+ 10 20	− 2 19	− 4 4	− 24 2	− 5 7	− 28 2	+ 15 7
	1,7″	− 6 49	+ 5 45	− 7 33	− 3 26	+ 3 4	− 14 6	+ 25 8	− 27 3
		− 2 184	+ 6 169	− 4 92	+ 6 80	− 11 12	− 5 32	+ 11 31	+ 4 29
K	1,0″	+ 5 75	− 8 39	+ 11 36	− 12 17	+ 1 19	− 16 9	− 13 10	− 8 3
	0,8″	+ 4 47	− 7 33	+ 9 17	− 4 10	+ 17 8	0 7	− 1 6	− 9 10
	1,2″	− 4 34	− 4 31	− 6 28	− 14 8	— —	− 2 5	— —	+ 6 14
	1,7″	+ 3 56	+ 1 48	+ 3 36	− 4 26	+ 12 4	− 1 10	+ 16 12	− 11 6
		+ 3 212	− 4 151	+ 4 117	− 9 61	+ 7 31	− 5 31	+ 2 28	− 3 33
H	1,0″	+ 12 53	− 1 36	+ 11 20	− 7 20	− 10 5	+ 18 13	+ 22 8	− 31 5
	0,8″	+ 17 55	− 7 38	+ 8 17	+ 3 17	+ 37 6	+ 15 12	− 20 4	− 8 10
	1,2″	+ 1 48	0 44	− 1 33	− 4 20	− 33 1	− 3 8	− 29 2	+ 6 16
	1,7″	+ 6 53	− 1 46	+ 7 31	− 15 23	− 2 10	− 1 9	− 6 7	+ 26 7
		+ 9 209	− 2 164	+ 5 101	− 6 80	+ 5 22	+ 9 42	0 21	+ 1 38

3. Bedeutung der Versuche für den Motivationszusammenhang der ungestörten antizipierenden Reaktionen.

Wie wir oben gesehen haben, ist die hier abgeleitete Schwelle $\mathfrak{A}_J$ nicht etwa der Zeitpunkt, von dem an sich die mit der Registrierung endende Willenshandlung überhaupt zu entwickeln begann, sondern, wegen der gleichzeitig mit dem Verlöschen einsetzenden Gegentendenz zur Zurückhaltung der Bewegung, bedeutet sie immer nur die Zeitschwelle der Freiheit, die Bewegung auszuführen oder zurückzuhalten. Natürlich ist unsere Schwelle $\mathfrak{A}_J$ deshalb auch nicht etwa der Zeitpunkt, in dem die Hemmung nach Auffassung des Gegenmotivs und einer gewissen Entwicklung des Gegenimpulses den von vornherein vorbereiteten Impuls der antizipierenden Registrierung selbst nach seinem ersten Anschwellen tatsächlich aufhebt, sondern sie ist nur der Zeitpunkt des Reizes für die Entwicklung dieser Hemmung. Wann dagegen die Entscheidung fällt, ob überhaupt noch eine Bewegung stattfindet oder nicht, ist hieraus nicht zu ersehen, und wir haben nach den genannten Erfahrungen anzunehmen, daß der Verlauf dieses Antagonismus je nach dem Zeitpunkt des Hemmungsreizes wesentlich verschieden ausfällt. Die Zeit zwischen der so empirisch definierten Schwelle der Hemmungsmöglichkeit und der tatsächlichen Bewegung bei ungestörten Durchgang können wir dann als eine Art Reaktionszeit mit sensorieller Einstellung bezeichnen. Sie gibt die Zeit an, um die der Stern vor der Bewegung verlöschen muß, wenn das aus dem Verlöschen erwachsende Motiv der Hemmung die Bewegung gerade noch zurückhalten soll. Genau so können wir ja aber auch bei einer sensoriellen Reaktion auf den vollendeten Durchgang die Reaktionszeit auffassen. Bei einer solchen Einstellung wird verlangt, daß der Impuls sich jederzeit erst an die Wahrnehmung des Durchgangs anschließt; andererseits soll er aber soweit vorbereitet werden, daß seine Auslösung möglichst schnell auf die Wahrnehmung des Durchgangs folgt. Bei einer richtigen sensoriellen Einstellung stellt also dann die Reaktionszeit diejenige Zeit zwischen Sinneseindruck und Bewegung dar, die aus einer Impulsbereitschaft hervorgeht, die so abgemessen ist, daß ein Reizausfall die Bewegung gerade noch zurückhalten könnte. Bei der Reaktion auf den Durchgang ist nun die volle Aufmerksamkeit auf den Reizeintritt gerichtet, bei uns dagegen erhält der schwingende Stern

einen geringeren Zuwand an Aufmerksamkeit; da sich die Apperzeption vor allem dem antizipierten Moment zuwendet. Daher wird es bei uns länger dauern, ehe das Verlöschen des Sterns seine hemmende Wirkung zur Geltung bringt. Unsere Reaktionszeit ist also genau so verlängert, wie eine gewöhnliche Reaktion bei unbeachteten Reizmotiven.

Wenn vom Verlöschen nur dieser hemmende Einfluß auf die angebahnte Bewegung ausginge, dann würde also diese Reaktionszeit in unsern Versuchen dargestellt durch die Differenz zwischen dem Mittel $\mathfrak{A}_R$ der Registrierungen und der mittleren Schwelle der Hemmung $\mathfrak{A}_J$. Tatsächlich haben aber die Versuche ergeben, daß vom Verlöschen neben dieser hemmenden auch noch andere Wirkungen ausgehen.

Vor allem zeigte sich, daß ein Versuch von dem Verlöschen im vorhergehenden Versuch beeinflußt war. Je nachdem die Hemmung geglückt oder erfolglos geblieben war, erfolgte die Bewegung im folgenden Versuch früher oder später. Dieser Einfluß macht sich natürlich auch für die Schwelle der Hemmung geltend, da sich mit dem Impuls auch die Schwelle seiner Hemmung verschiebt. Diese Wirkungen gleichen sich um so mehr aus, je mehr Versuche den Mittelwerten zugrunde liegen; sie ändern jedenfalls das Mittel $\mathfrak{A}_R$ der Registrierungen und die mittlere Schwelle $\mathfrak{A}_J$ und damit auch ihre Differenz nur unbedeutend. Außerdem war nicht mit Sicherheit die Möglichkeit ausgeschlossen, daß von dem Verlöschen des Sterns auch positive Wirkungen ausgingen, die nach Art der Fehlreaktion gerade auf eine Ausführung der verabredeten Registrierung hinwirkten, statt sie zu hemmen. Wir sahen, wie diese Einflüsse vor allem am Anfang der Versuche zur Geltung kamen, wo die verabredete Motivation im Sinne der Hemmung noch nicht die Oberhand über unwillkürliche Nebenwirkungen gewonnen hatte, und wie sie in dem aus dem Antagonismus der Motive erwachsenden Schreckgefühl einen günstigen Boden fanden. In dem Maße jedoch, in dem sich der Beobachter an das Auftreten des Gegenteils gewöhnte, traten auch diese Nebenwirkungen neben den eigentlich verabredeten in den Hintergrund.

Betrachten wir jetzt die mittleren Fehler und nehmen wir an, es ginge vom Verlöschen nur der hemmende Einfluß aus, so würde der mittlere Fehler der Schwelle M_J zustande kommen durch die Schwan-

kungen des Impulses und die Schwankungen der Zeit zwischen Schwelle der Hemmung und Impuls, um die die Hemmung dem Impuls vorangehen muß, wenn die Bewegung gerade noch zurückgehalten werden soll. Der mittlere Fehler der Registrierungen dagegen würde ebenfalls auf den Schwankungen des Impulses beruhen, außerdem aber den Schwankungen der Ablaufszeit zwischen Impuls und Bewegung. In beiden mittleren Fehlern kommt jedoch ferner der Einfluß der Hemmung auf den folgenden Versuch zur Geltung und im mittleren Fehler M_J außerdem die verkürzenden Wirkungen des Verlöschens innerhalb eines Versuchs. Von vornherein kann man infolgedessen nichts darüber aussagen, in welchem Größenverhältnis die beiden mittleren Fehler zueinander stehen werden. Dagegen ist anzunehmen, daß der mittlere Fehler M_{FR} der Registrierungen derjenigen Versuche, in denen das Verlöschen des Sterns die Bewegung nicht aufhielt, größer ist, als die beiden anderen, da sich in ihm sowohl die Schwankungen des Impulses und der Zeit zwischen Impuls und Bewegung als auch alle anderen Wirkungen des Verlöschens ausprägen.

4. Größe der Mittelwerte und ihre Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Sterns.

Das Mittel der Zeitdifferenzen zwischen der Schwelle der Hemmungsmöglichkeit und dem Mittel der Registrierungen, das wir soeben als eine Art Reaktionszeit auffassen (s. d. letzte Kolonne in Tabelle 4 auf S. 41) lernten, beträgt im ganzen 232 σ. Diese Zahl hat deutlich die Größenordnung einer sensoriellen Reaktionszeit. Bei den von Günther ausgeführten Reaktionen auf den Durchgang hin beträgt das Mittel 216 σ. Diese beiden Zahlen stimmen recht gut überein. Denn die größere Länge unserer Reaktionszeit erklärt sich, wie gesagt, aus der verschiedenen Aufmerksamkeitsverteilung bei den Reaktionen auf den Durchgang und den antizipierenden Reaktionen. Ferner liegt entsprechend der antizipierenden Reaktionsweise das Mittel der Registrierungen mit 8 σ sehr nahe am Durchgang (hierzu und zu dem folgenden s. Tab. 4).

Der durchschnittliche mittlere Fehler der Registrierungen beträgt bei Günther 35 σ, bei uns 43 σ. Er ist bei uns deshalb größer, weil die verschiedenen Einflüsse, die vom Verlöschen ausgehen, unsern K. G. der ungestörten Registrierungen, ebenso wie den der Schwelle,

weniger einheitlich machen. Der mittlere Fehler der Schwelle der Hemmungen beträgt im Durchschnitt 42 σ; er stimmt also beinahe vollkommen mit dem der Registrierungen überein. Das ist ein Beweis dafür, daß die Schwankungen der Registrierbewegungen und der Schwelle ihrer Hemmung beide im wesentlichen auf den Schwankungen des Impulses beruhen, während die anderen verschiedenartigen Einflüsse sich im Mittel ausgleichen. Auch bei den einzelnen Versuchspersonen liegen diese mittleren Fehler der Registrierung und der Hemmung nahe beieinander. Dagegen ist der mittlere Fehler der Registrierungen, die aus solchen Reaktionen hervorgingen, wo die Bewegung trotz des Verlöschens erfolgte, entsprechend der viel geringeren Einheitlichkeit dieses K. G. stets deutlich größer.

Der Stern schwang nun in vierfach verschiedenem Tempo: Die Differenz zwischen zwei Durchgängen betrug nacheinander: 1,0″, 0,8″, 1,2″, 1,7″.

Hierbei gehörte nun die kürzeste »Reaktionszeit« 200 σ zum schnellsten Rhythmus von 0,8″; zum nächsten Rhythmus von 1,0″ gehörte auch die zweitkürzeste Reaktionszeit 230 σ, die dann bei 1,2″ noch weiter bis zu 260 σ zunahm. Hiermit war jedoch die längste Reaktionszeit erreicht, denn beim langsamsten Rhythmus von 1,7″ nahm die Reaktionszeit bereits wieder bis 232 σ ab. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß hier nicht mehr eine analoge Rhythmisierung in entsprechend verlangsamtem Tempo stattfand, wie bei 1,2″; vielmehr sagten die Beobachter verschiedentlich aus, daß man bei dieser Geschwindigkeit die Folge der Durchgänge nicht mehr als rhythmisch empfände.

Das Mittel $\mathfrak{A}_R$ der Registrierungen mißt die Differenz zwischen Durchgang und Bewegung, stellt also ein Maß für das Gelingen der antizipierenden Reaktion dar. Es zeigt sich, daß bei den beiden Geschwindigkeiten mit schnellerem Rhythmus, die Bewegung verfrüht, bei denen mit langsamerem verspätet erfolgte. Man überschätzt also sozusagen in einem Fall die Schnelligkeit und reagiert daher zu früh, im andern Fall hält man die Bewegung für langsamer, als sie in Wirklichkeit ist, und reagiert zu spät. Durch Interpolation würde sich daher vielleicht ein Tempo von 1,1″ Schwingungszeit als Optimum ergeben, bei dem kein wesentlicher Zeitfehler zu erwarten wäre (Fig. 5). Immerhin ist bei 0,8″ der Fehler wieder kleiner als bei 1,0″, woraus

sich etwa bei 0,7″ oder weniger ein unteres Optimum ergeben würde, so daß also möglicherweise eine Art Apperzeptionsperiode besteht. In der Tat ist es ja auch nach sonstigen Erfahrungen zu erwarten, daß die Versuche mit längeren Zeitstrecken infolge der unwillkürlichen Untereinteilung einer subjektiven Rhythmisierung zu ähnlichen Ergebnissen führen, wie kürzere, jener Untereinteilung naheliegende, Zeitstrecken.

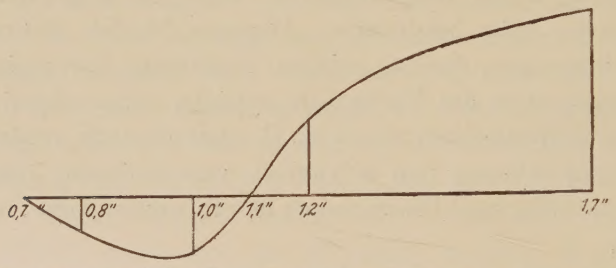


Fig. 5. Zeitfehler der Registrierung bei den verschiedenen Geschwindigkeiten.

Der mittlere Fehler ist bei den Geschwindigkeiten mit schnellerem Rhythmus größer. Dies deutet auf eine unruhigere Entwicklung des Impulses. Auf eine solche weist auch der Umstand, daß das Mittel $\mathfrak{A}_{FR}$ bei diesen beiden Geschwindigkeiten deutlich früher liegt als $\mathfrak{A}_{R}$, da die Tuschwirkung bei der unruhigen Entwicklung größer ist, als sonst.

IV. Schluß.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuche wurde im Leipziger psychologischen Institut in der Hauptsache im Sommersemester 1912 und im Wintersemester 1912/13 ausgeführt. Als Beobachter nahmen daran teil die Herren: Prof. Dr. Wirth, Dr. Lorenz, Dr. Kraskowski und Dr. Herfurth, Herr stud. phil. Kahnt war mir behilflich, wenn ich selbst beobachtete.

Mit Freuden ergreife ich die Gelegenheit, auch an dieser Stelle Sr. Exzellenz Herrn Prof. Dr. W. Wundt meinen wärmsten Dank für die Übertragung der Arbeit auszusprechen. Ferner möchte ich Herrn Professor Dr. Wirth danken für die jederzeit tätige Beihilfe, die er mir bei der Durchführung der Arbeit hat angedeihen lassen. Aber auch den anderen Herren bin ich für ihre Opfer an Zeit und Mühe zu großem Danke verpflichtet.

Vita.

Ich, August Albert Hammer, ev. luth. Bekenntnisses, wurde am 15. März 1890 in Leipzig geboren, als Sohn des Schuhmachermeisters Ernst Bernhard Hammer. Hier besuchte ich von Ostern 1896 bis Ostern 1900 die 5. Bürgerschule und im Anschluß hieran das Nikolaigymnasium zu Leipzig, das ich Ostern 1909 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Darauf widmete ich mich an der Universität Leipzig dem Studium der Mathematik, Physik und Philosophie. Meine Lehrer waren die Herren Professoren: Barth, Brahn, Bruns, Des Coudres, Fredenhagen, Hantzsch, Hausdorff, Herglotz, Hölder, Jungmann, Koebe, Lehmann, Liebmann, Peter, Rohn, Spranger, Volkelt, Wagner, Wiener, Wirth, Wundt.